

## ANALISIS FASA DAN KOROSI SUHU TINGGI PADUAN TiAl HASIL METALURGI SERBUK

Sulistioso G. S., Wagiyo H. dan Ari Handayani

Pusat Teknologi Bahan Industri Nuklir (PTBIN) - BATAN  
Kawasan Puspiptek Serpong 15314, Tangerang

### ABSTRAK

**ANALISIS FASA DAN KOROSI PADA SUHU TINGGI PADUAN TiAl HASIL METALURGI SERBUK.** Telah dibuat paduan TiAl dengan metode metalurgi serbuk, dengan 2 komposisi persen berat TiAl yang berbeda, yaitu komposisi A (Al 40 %), komposisi B (Al 38 %). Sampel sebelum dikompaksi dilakukan *milling* selama 5 menit, kemudian di *sintering* pada suhu 1.200 °C selama 2 jam dengan atmosfer gas argon. Sampel hasil *sintering* dikarakterisasi strukturmikro dengan Mikroskop Optik (MO), fasa menunjukkan strukturmikro paduan fasa  $\gamma$ -TiAl yang sudah terbentuk tampak terang, sedang unsur Al, Ti dan pori berwarna gelap. Hasil uji korosi menggunakan alat *Magnetic Suspension Balance (MSB)* paduan  $\gamma$ -TiAl dengan komposisi A dan B tidak menunjukkan perbedaan yang berarti. Hasil analisis fasa menggunakan *XRD* pada sampel yang telah teroksidasi menunjukkan fasa terbanyak adalah TiO. Analisis komposisi dengan *EDS* menghasilkan persentase Ti (54,52 - 56,23) % berat untuk sampel A dan Ti (55,51 - 56,07) % berat untuk sampel B. Hasil uji korosi dengan *Magnetic Suspension Balance* menunjukkan paduan  $\gamma$ -TiAl dengan komposisi yang berbeda seperti disebut di atas, sifat ketahanan korosinya pada suhu tinggi, tidak menunjukkan perbedaan yang berarti. Hasil Analisis fasa sampel setelah uji korosi dengan *XRD*, menunjukkan bahwa fasa yang dominan adalah TiO, sehingga dapat dikatakan bahwa permukaan paduan  $\gamma$ -TiAl, terlapsi oleh fasa TiO.

**Kata kunci :** Korosi ,  $\gamma$ -TiAl, metalurgi serbuk

### ABSTRACT

**ANALYSIS OF PHASE AND CORROSION AT HIGH TEMPERATURE ANALYSIS OF TiAl BY PRODUCT OF POWDER METALURGI.** Two different composition of TiAl alloy have been made used P/M method. Sample A (Al 40%) and sample B (Al 38%) sintered at 1200 °C, in argon atmosphere during 2 hours. After sintered both sample reveal  $\gamma$ -TiAl phase, indicated by the bright side and the dark side is the other phase, composition analysed by EDS was Ti (54.52 - 56.23) weight % for sampel A and Ti (55.51 - 56.07) weight % for sampel B. The result of high temperature Corrosion test by Magnetic Suspension Balance, is Sampel A and B have a good resistance for high temperature corrosion, not reveal different significantly. After oksidation proses the new phase appear, and the dominant phase is TiO<sub>2</sub>.

**Key words :** Corrosion ,  $\gamma$ -TiAl , powder metalurgi

### PENDAHULUAN

Ilmu pengetahuan dan teknologi menjadi kebutuhan manusia dalam meningkatkan kesejahteraan hidup pada saat ini, terutama di bidang industri, seperti pada industri pesawat terbang, mesin mobil, petrokimia dan implant pada bidang kedokteran [1,2]. Permasalahan yang timbul pada bidang industri, adalah terjadinya korosi terhadap material yang menyebabkan menurunnya kualitas material. Sehingga perlu dicari material alternatif yang kuat, ringan, mempunyai ketahanan terhadap korosi yang baik dan kemampuan aplikasi pada suhu tinggi. Material yang memiliki sifat tersebut adalah paduan Titanium fasa gama atau  $\gamma$ -TiAl. Kerapatan paduan  $\gamma$ -TiAl antara 3,7 g/cm<sup>3</sup> hingga 3,9 g/cm<sup>3</sup>. Densitas TiAl yang cukup rendah tersebut menyebabkan harga rasio kekuatan terhadap berat menjadi tinggi sehingga paduan TiAl menarik untuk diteliti [3,4].

Pada penelitian ini dilakukan pembuatan sampel  $\gamma$ -TiAl, dengan metode metalurgi serbuk karena perbedaan titik cair yang tinggi antara aluminium dan titanium. Penggunaan metode metalurgi serbuk yang diaduk (*milling*), diharapkan setelah *sintering* kehomogenan dari fasa-fasanya akan lebih mudah untuk dikontrol [5].

Sampel hasil *sintering* dikarakterisasi, untuk mengetahui fasa-fasa yang terjadi, dilakukan analisis dengan *XRD* dan strukturmikro diamati dengan *Scanning Electron Microscope (SEM)*. Kemudian sampel tersebut di uji korosinya dengan alat *Magnetic Suspension Balance/ Thermo Gravimetri Analysis (MSB/TGA)*, selanjutnya fasa-fasa yang terjadi setelah uji korosi, kembali diamati dengan *XRD*.

## TEORI

Korosi didefinisikan sebagai penurunan mutu logam akibat reaksi kimia dengan lingkungan yang hampir selalu mengandung air. Korosi pada permukaan logam ternyata masih dapat terjadi meskipun elektrolit cair tidak ada, hal ini disebut korosi kering [5]. Mekanisme oksidasi logam adalah Logam + oksigen → oksida logam.

Oksida yang mudah menguap terbentuk pada permukaan logam. Tetapi segera berubah menjadi gas. Akibatnya permukaan logam habis sama sekali. Laju reaksi tersebut tidak menurun, bahkan biasanya bertambah bila suhu meningkat [4]. Bahan Titanium sangat reaktif terhadap oksigen, sehingga mudah teroksidasi. Oksida titanium tidak mudah menguap, sehingga pada permukaan logam selalu tertutup oleh lapisan oksida pelindung ( $TiO_2$ ,  $TiO$ ,  $Ti_2O_3$ ), karenanya bahan ini sangat sesuai untuk konstruksi peralatan yang kuat dan tahan karat. Pada paduan  $\gamma$ -TiAl yang dibentuk dengan proses metalurgi serbuk pada suhu tinggi terbentuk lapisan oksida  $TiO_2$ ,  $TiO$ ,  $Ti_2O_3$  pada permukaannya [6].

Senyawa TiAl terbentuk karena kekuatan ikatan antar atom yang tidak sejenis lebih kuat daripada ikatan atom yang sejenis. Kuatnya ikatan yang tidak sejenis menyebabkan senyawa TiAl membentuk struktur teratur. Kehadiran lapisan oksida yang tipis dan kuat pada permukaannya menghasilkan ketahanan terhadap lingkungan atmosfer dan lingkungan korosif seperti laut [7]. Proses pembuatan dan pembentukan paduan titanium relatif sulit karena sifat titanium yang mudah terkena unsur pengganggu (*impurities*) seperti hidrogen, oksigen dan nitrogen yang menyebabkan kerapuhan, maka pemrosesan dengan suhu tinggi, yaitu metalurgi serbuk (*sintering*) harus dilakukan pada kondisi yang dapat menghindari *difusi* gas ke dalam logam [6]. Metalurgi serbuk merupakan

metode pembuatan material yang menghasilkan suatu produk melalui proses pencampuran material serbuk (pembuatan serbuk), kompaksi dan pemanasan melalui proses *sintering* untuk memperoleh ikatan antar atom, secara grafis ditampilkan pada Gambar 1 [8].

## METODE PERCOBAAN

### Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah serbuk Ti dan Al, resin, *hardener*, cairan *etsa* (HF 2 mL + HCl 3 mL + HNO<sub>3</sub> 5 mL + H<sub>2</sub>O 140 mL)

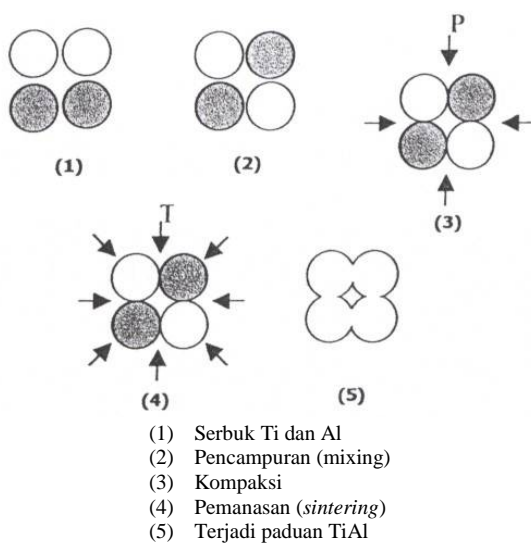
### Proses Pembuatan Benda Uji

Pada penelitian ini dibuat 2 buah komposisi paduan TiAl dengan perbandingan berat unsur Ti dan Al murni sebagai berikut: A (Al 40 %), dan B (Al 38 %). Kemudian kedua sampel dengan komposisi berbeda, masing-masing di aduk (*milling*) dan di gerus di dalam mortar hingga merata (sekitar 5 menit). Serbuk yang telah di gerus di buat pelet. Serbuk paduan di kompaksi dengan tekanan sebesar 3000 psi. Kemudian seluruh sampel di *sintering* pada suhu 1200 °C, dalam suasana Argon, dengan kecepatan pemanasan 2 °C per menit selama 2 jam. Tahap selanjutnya meliputi : *mounting*, *grinding*, *polishing* dan *etching*. Setelah perlakuan *grinding* adalah proses *polishing* yang menggunakan alumina *suspension*. Perlakuan terakhir adalah *etching* (pengetsaan). Cairan *etsa* yang digunakan adalah HF 2 mL + HCl 3 mL + HNO<sub>3</sub> 5 mL + 140 mL H<sub>2</sub>O , pengetsaan dilakukan dengan cara dioleskan pada permukaan sampel.

### Karakterisasi dan Pengujian Korosi

Tahap selanjutnya adalah analisis fasa pada kedua sampel TiAl, dengan melihat pola difraksi menggunakan XRD tipe XD-610 Shimadzu di Laboratorium XRD-PTBIN BATAN, dan pengamatan strukturmikro dengan SEM 515 Philips. Setelah sampel di *etsa* kemudian uji korosi menggunakan MSB/TGA, yaitu alat uji korosi pada suhu tinggi yang bekerja berdasarkan perubahan massa atau berat akibat oksidasi.

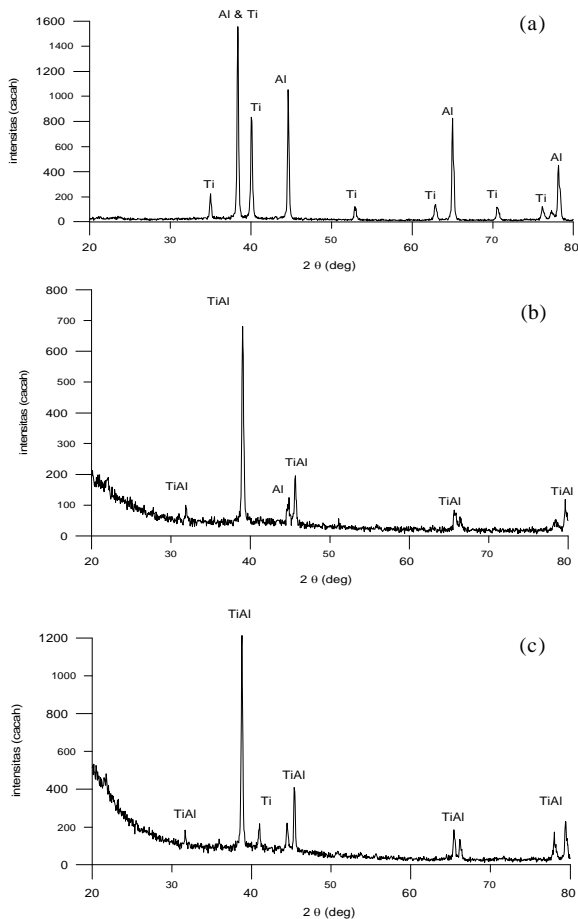
Setelah melalui proses penimbangan dan pengadukan dengan dua komposisi yang berbeda yaitu komposisi A (Al 40 %) dan komposisi B (Al 38 %) kemudian kedua sampel ini di kompaksi. Selanjutnya dilakukan *sintering* pada suhu 1200 °C dengan laju 2 °C/menit selama 2 jam, dengan atmosfer argon, sampel hasil *sintering* di analisis fasa-fasa yang terjadi dengan XRD. Seluruh data XRD yang diperoleh dalam penelitian ini mengacu pada tabel JCPDS .



Gambar 1. Tahapan pemaduan proses metalurgi serbuk.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

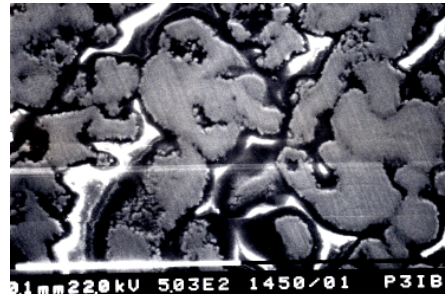
Hasil pengamatan dengan *XRD* pada sampel sebelum dan sesudah *sintering* pada suhu 1200 °C selama 2 jam seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



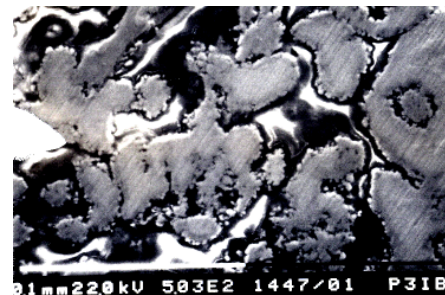
Gambar 2. Pola difraksi TiAl sebelum dan sesudah di *sinter* 1200 °C. Sebelum di *sinter* (a), Sampel A sesudah di *sinter* (b), Sampel B sesudah di *sinter* (c)

Pola difraksi hasil *sintering* suhu 1200 °C selama 2 jam sampel komposisi A dan komposisi B menunjukkan bahwa fasa  $\gamma$ -TiAl sudah dominan. Walaupun pada pola difraksinya masih terdapat unsur Al dan Ti. Adanya unsur Al dan Ti disebabkan saat melakukan *sinter* waktu yang digunakan tidak cukup lama. Sehingga masih ada unsur Al dan Ti yang tidak membentuk fasa TiAl. Faktor lain adalah waktu percampuran unsur Ti dan Al dengan mortar masih ada segregasi. Setelah di lakukan *sintering* pada suhu 1200 °C, tahap selanjutnya adalah pengamatan strukturmikro dengan SEM. Gambar berikut adalah strukturmikro paduan TiAl setelah di *sinter* 1200 °C.

Dari foto strukturmikro pada Gambar 3 dan Gambar 4 tampak bahwa sudah terjadi ikatan yang baik antara unsur Al dan Ti, sehingga yang tampak hanya suatu gumpalan dengan warna gelap untuk kedua sampel



Gambar 3. Foto SEM TiAl *sinter* 1200 °C komposisi A (1skala 0,1mm).



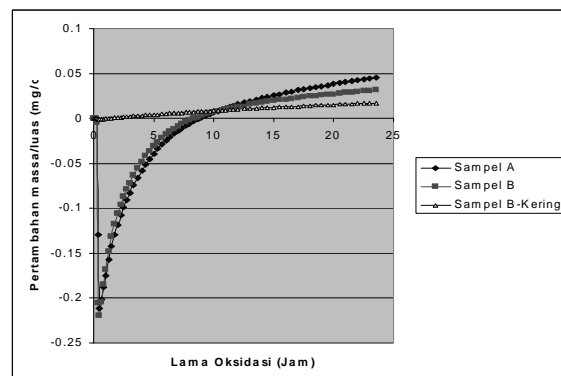
Gambar 4. Foto SEM TiAl *sinter* 1200 °C komposisi B (1skala 0,1mm).

dan warna terang untuk latar belakangnya di permukaan sampel tampak pori-pori akibat *sintering*, kedua sampel menunjukkan kondisi yang sama.

Hasil analisis komposisi dengan EDS, menunjukkan bahwa komposisi Ti berkisar antara (54,52 - 56,23) %berat, untuk sampel A dan Ti berkisar antara (55,51 - 56,07) %berat untuk sampel B. Data komposisi dengan EDS tetap diperlukan, karena dapat mendukung data dari XRD, untuk melihat fasa-fasa yang muncul.

Sampel paduan TiAl setelah di *sintering* menghasilkan pori pada permukaannya, sehingga menyebabkan masuknya air saat pengamplasan. Hal ini mengakibatkan pada awal proses oksidasi 850 °C, terjadi penurunan kurva yang drastis. Artinya sampel TiAl ini mengalami penurunan massa.

Pada dasarnya sampel TiAl sudah terjadi proses oksidasi sejak awal, akan tetapi terjadinya penurunan kurva menggambarkan bahwa penguapan yang terjadi



Gambar 5. Kurva TiAl hasil uji korosi dengan MSB.

lebih besar dibandingkan oksidasinya atau pengurangan massa akibat penguapan lebih besar dibandingkan penambahan massa akibat proses oksidasi. Setelah mencapai titik tertentu pertambahan massa sampel mulai tampak, hal ini menunjukkan bahwa proses penguapan sudah selesai. Uji korosi ini dilakukan selama 24 jam pada suhu 850 °C.

Jika dilakukan lebih lama lagi maka akan terbentuk kurva dimana pertambahan beratnya menjadi cenderung konstan, artinya tidak terjadi lagi oksidasi pada material seiring dengan kenaikan suhu. Hal ini menunjukkan bahwa lapisan oksidasi yang terbentuk melindungi lapisan bawah dari permukaan material TiAl, dari pengamatan uji korosi pada sampel B yang di amplas kering, yaitu saat pengamplasan tidak menggunakan air. Terlihat bahwa tidak terjadi penurunan berat di awal pemanasan.

Sampel kering tersebut langsung teroksidasi, hal ini tampak dari kurva penambahan massa sampel yang cenderung naik. Pengujian sampel kering juga dilakukan selama 24 jam, hal ini untuk memperkuat pernyataan di atas bahwa penurunan massa sampel di awal proses oksidasi adalah akibat penguapan di sampel TiAl. Dari Gambar kurva uji korosi (Gambar 6) tampak bahwa laju oksidasi sampel A dan sampel B cenderung sama. Analisis berikutnya adalah analisis fasa setelah sampel di oksidasi. Berikut ini Gambar pola difraksi dari kedua sampel setelah di oksidasi pada suhu 850 °C, selama 24 jam.

Analisis fasa dari sampel TiAl setelah diuji korosi dengan XRD, tampak muncul fasa - fasa TiO<sub>2</sub>, Al<sub>5</sub>Ti<sub>3</sub>, dan TiAl. Dari pola difraksi tampak bahwa fasa TiO<sub>2</sub> merupakan fasa yang dominan, sehingga dapat dikatakan bahwa paduan TiAl setelah dioksidasi, terlapisi oleh fasa

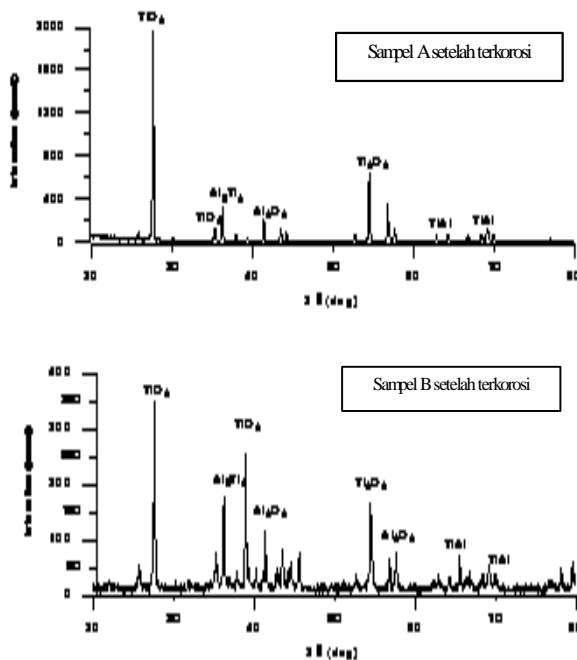
TiO<sub>2</sub> yang berfungsi sebagai lapis lindung untuk terjadinya oksidasi selanjutnya.

## KESIMPULAN

Dari data XRD setelah disinter pada suhu 1200 °C selama 2 jam dalam atmosferik gas argon, diperoleh paduan TiAl dengan fasa yang dominan adalah  $\gamma$ -TiAl. Dan dari hasil uji korosi menunjukkan, selisih komposisi Al 2 %, ketahanan korosinya tidak memberikan perbedaan yang signifikan.

## DAFTAR ACUAN

- [1]. M. GORAL, G. MOSKAL, L. SWADZBA, *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, **18**(1-2) (2006) 469
- [2]. CHANG S.J., JUN C.O., and SUNGHAK L., *Metallurgical and Materials Transactions A*, **34A** (2003) 1461
- [3]. TRETHERWEY, K.R. and CHAMBERLAIN J. *Korosi untuk Mahasiswa Sains dan Rekayasawan*. Alih Bahasa Widodo, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta (1988)
- [4]. WIDHARTO SRI, Cetakan Kedua, *Karat dan Pencegahannya*, PT Pradnya Paramita, Jakarta, (2001)
- [5]. W. MAZIARZ, A. MICHALSKI, P. KURTYKA and J. DUTKIEWICZ, *Review Advance Material Science*, **8** (2004) 158-163
- [6]. J. C. F. MILLET and N. K. BOURNE, *Journal American Institute of Physics*, (2001)
- [7]. R.T. FORTNUM and D.E. MIKOLA, *Light Alloy- Metallurgy of Light Metals*. Department of Metallurgical Engineering, Michigan Technological University, (1986)
- [8]. RAHARSETYADI H.D., *Sintesis Paduan TiAl Fasa-Gamma Dengan Metoda Peleburan Dan Metalurgi Serbuk Serta Karakterisasinya* (2003).
- [9]. K. TOKAJI and T. SAKUMA, *Materials Science and Engineering*, **A268** (1999) 63-69
- [10]. SURDIA T. dan SAITO S., *Pengetahuan Bahan Teknik*, Pradnya Paramita, Jakarta (1999)
- [11]. LAI G.Y., *High Temperature Corrosion of Engineering Alloys*, Group Leader High Temperature Alloys Haynes International, Inc. Kokomo, Indiana, (1990)



Gambar 6. Pola difraksi TiAl sampel A dan sampel B, hasil sinter 1200 °C setelah di uji korosi pada suhu 850 °C, selama 24 jam.