

PEMBUATAN PARTIKEL SUBMIKRON PADUAN Al-Ti MENGGUNAKAN TEKNIK PEMADUAN MEKANIK

¹Adolf Asih Supriyanto, ²Syafrizal, ³Al Ichlas Imran

¹Teknik Mekatronika dan ²Teknik Mesin
Politeknik Enjinering Indorama

³Teknik Mesin Universitas Halu Oleo

Email : adolff@pei.ac.id dan syafrizal@pei.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk pembuatan partikel submikron paduan Al-Ti menggunakan teknik pemaduan mekanik. Serbuk halus aluminium dan titanium dicampur dengan rasio berat sedemikian rupa sehingga menghasilkan komposisi nominal Al-10%beratTi. Campuran serbuk tersebut, bola stainless steel dan bahan untuk mengawal selama proses pemaduan berlangsung dimasukkan kedalam wadah stainless steel berbentuk silinder. Selama proses pemaduan berlangsung dilakukan didalam lingkungan gas argon. Bahan untuk mengawal proses yang digunakan adalah asam stearik. Bola stainless steel yang digunakan berdiameter 20 mm dan rasio berat bola terhadap serbuk adalah $20 \div 1$. Pemaduan dilakukan dengan menggunakan alat planetari bermerk *Fitsch Pulverisette-5* dengan empat pemegang wadah stainless steel. Kecepatan planetari ini diatur dengan kecepatan 360 rpm selama 2 sehingga 30 jam. Perubahan fasa diamati dengan menggunakan XRD. Perubahan morfologi serbuk diamati dengan menggunakan SEM dan EDX. Hasil XRD menunjukkan bahwa puncak titanium semakin menghilang dengan pertambahannya waktu pemaduan. Hal ini membuktikan bahwa penelitian ini telah berhasil menghasilkan paduan Al-Ti dan ukuran kristalit paduan Al-Ti semakin menurun dengan bertambahnya waktu. Hasil SEM menunjukkan bahwa paduan Al-Ti yang dihasilkan memiliki ukuran serbuk $\pm 1,5 \mu\text{m}$. Hasil EDX menunjukkan bahwa teknik pemaduan yang digunakan dalam penelitian terhindar dari unsur pengotor.

Kata kunci: serbuk Al-10%beratTi, pemaduan mekanik, XRD, asam stearik

1. PENDAHULUAN

Teknik pemaduan mekanik merupakan teknik pelarutan padat (*solid state*). Teknik ini merupakan teknik yang melibatkan proses patahan dan pengelasan yang berulang dari partikel serbuk sebagai akibat berbenturan dengan bola pemadu berenergi tinggi. (C. Suryanarayana dkk., 1997; Marek Krasnowski dkk., 2005; R.A. Khosroshahi dkk., 2008; Xiaoying Zhu dkk., 2006). Teknik pemaduan mekanik lebih disukai oleh para peneliti karena teknik ini cukup mudah, murah, dapat dilakukan didalam suhu ruang dan dapat menghasilkan produk dalam skala yang besar. Disamping itu teknik pemaduan mekanik dapat menghasilkan paduan yang sukar dibuat melalui proses tuangan biasa terutamanya bagi unsur-unsur pemadu yang mempunyai titik lebur yang tinggi. Yang lebih penting lagi, teknik ini merupakan teknik yang sangat baik untuk menghaluskan ukuran

butiran (A. Belyakov dkk., 2003; Marjoni Imamora Ali Oemar dkk., 2004; S.W. Du dkk., 2005).

Selama proses pemaduan mekanik, biasanya bahan pelicin yang dikenali sebagai agen pengawal proses perlu ditambahkan pada campuran serbuk yang akan dipadu. Hal itu bertujuan, diantaranya untuk menghindari terjadinya perlekatan antara serbuk dengan bola atau serbuk dengan dinding. Disamping itu bahan pelicin dapat mengontrol proses patahan dan pengelasan sewaktu pengadukan. Beberapa bahan organik yang biasa digunakan sebagai bahan pelicin adalah asam stearik, asam oksalik, heksana, etanol, metanol dan sebagainya. Asam stearik adalah bahan pelicin yang paling sering digunakan dalam teknik pemaduan mekanik (Marjoni Imamora Ali Oemar dkk., 2004; W. Barona Mercado dkk., 2006).

Dalam penelitian ini dilaporkan penggunaan teknik

pemaduan mekanik dan asam stearik untuk membuat submikron partikel paduan Al-Ti.

2. METODE

Bahan awal dalam penelitian ini adalah serbuk halus alumunium dan titanium. Serbuk-serbuk tersebut dicampur untuk menghasilkan sampel Al-10%beratTi. Serbuk alumunium dan titanium yang digunakan memiliki ukuran partikel rata-rata sekitar 71 dan 60 μm . Bahan pelicin yang digunakan adalah asam stearik ($\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{16}-\text{COOH}$).

Alat pemaduan mekanik yang digunakan adalah alat planetari bermerk *Fitsch Pulverisette-5* dengan empat pemegang wadah *stainless steel* berbentuk silinder. Wadah *stainless steel* digunakan untuk mengaduk campuran serbuk alumunium, titanium dan asam stearik. Bola *stainless steel* berdiameter 20 mm digunakan untuk mengaduk campuran di atas (serbuk alumunium, titanium dan asam stearik) didalam wadah *stainless steel*.

Serbuk alumunium dan titanium ditimbang sedemikian rupa sehingga diperoleh komposisi paduan Al-10%beratTi. Campuran serbuk ini dan bola *stainless steel* berdiameter 20 mm dimasukkan kedalam wadah *stainless steel*. Ratio berat bola *stainless steel* terhadap serbuk adalah 20÷1. Serbuk asam stearik ditambahkan dan dimasukkan kedalam wadah *stainless steel* sebanyak 4% dari berat campuran serbuk alumunium dan titanium. Semua campuran serbuk dan bola *stainless steel* berada dalam lingkungan gas argon. Pada saat proses pemaduan mekanik dijalankan kondisi alat diatur dengan kecepatan rotasi 360 rpm selama 2 sehingga 30 jam. Alat pemaduan mekanik perlu diistirahatkan selama 30 menit setiap 2½ jam beroperasi dengan tujuan untuk menghindari terjadinya kenaikan suhu yang mendadak dan perekatan serbuk ke dinding (C. Suryanarayana dkk., 1997; Marjoni Imamora Ali Oemar dkk., 2004).

Serbuk hasil pemaduan mekanik kemudian dikarakterisasi dengan difraksi sinar-X (XRD) dengan radiasi $\text{Cu K}\alpha$, SEM dan EDX. Ukuran kristalit matriks aluminium diperoleh dari analisis XRD menggunakan persamaan Williamson-Hall (Z. Sadeghian dkk., 2009):

$$\beta \cos \theta = \frac{0.9\lambda}{D} + 4\epsilon \sin \theta \quad (1)$$

dengan β adalah lebar setengah puncak maksimum (FWHM) dari puncak bragg (dalam radian), θ adalah sudut bragg dari puncak, λ adalah panjang gelombang sinar-X yang digunakan dalam nanometer, D adalah ukuran kristal rata-rata dan ϵ adalah strain rata-rata. D dapat ditentukan dengan mengekstrapolasi plot garis lurus $\beta \cos \theta$ versus $\sin \theta$ untuk $\sin \theta = 0$, sementara ϵ dapat diperoleh dari gradien garis lurus yang sama.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

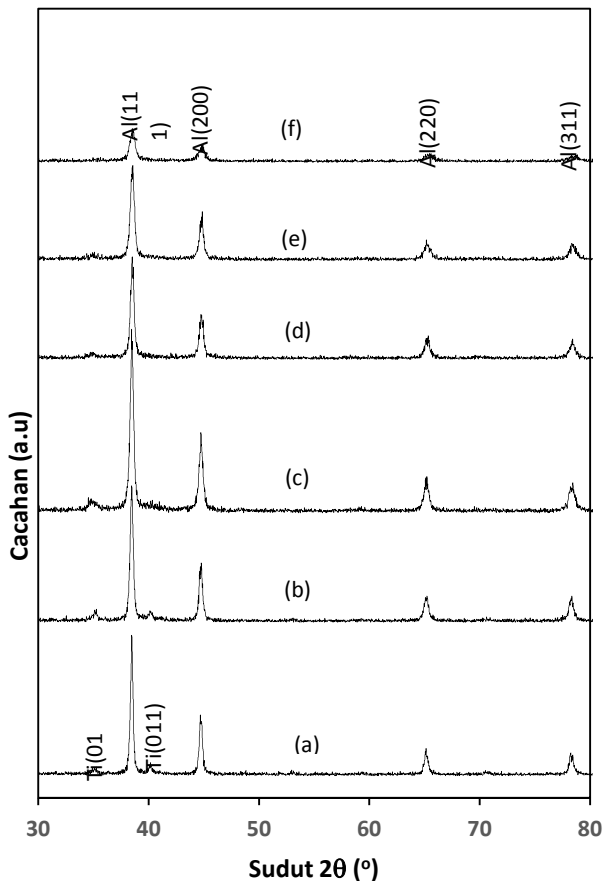
Gambar 1 dan 2 adalah pola difraksi sinar X dan plot Rietveld dari serbuk Al-10%beratTi yang dipadu dalam berbagai waktu. Rasio berat bola *stainless steel* terhadap serbuk, ukuran bola *stainless steel* dan kecepatan rotasi ditetapkan masing-masing 20: 1, 20 mm dan 360 rpm. Gambar 1a adalah pola difraksi serbuk Al-10%beratTi yang dipadu selama 2 jam. Pada Gambar 1a terlihat dengan jelas ada 2 puncak titanium yaitu Ti(010) dan Ti(011) dan 4 puncak alumunium yaitu Al(111), Al(200), Al(220) dan Al(311). Jika waktu pemaduan dinaikkan maka puncak-puncak titanium semakin menghilang seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 1d dan 1e. Kemudian puncak titanium semakin menghilang jika waktu pemaduan menjadi 30 jam seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 1f.

Pada plot Rietveld dari serbuk Al-10%beratTi yang dipadu dalam waktu 2 jam seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2a, fraksi titanium dalam sampel adalah 1,42%. Ketika waktu pemaduan dinaikkan menjadi 20 jam, maka fraksi titanium dalam sampel menjadi 0,59% (Gambar 2.b). Ini membuktikan bahwa dengan meningkatnya waktu pemaduan puncak titanium cenderung menghilang dan membentuk paduan aluminium-titanium (Araki H dkk., 1995; P. B. Joshi dkk., 2005). Ketika waktu pemaduan terus meningkat dan mencapai 30 jam, semua puncak titanium hilang yang menunjukkan penyelesaian terjadinya paduan Al-Ti (Gambar 1f).

Pada Gambar 1 juga menunjukkan bahwa kedudukan puncak refleksi aluminium bergeser ke

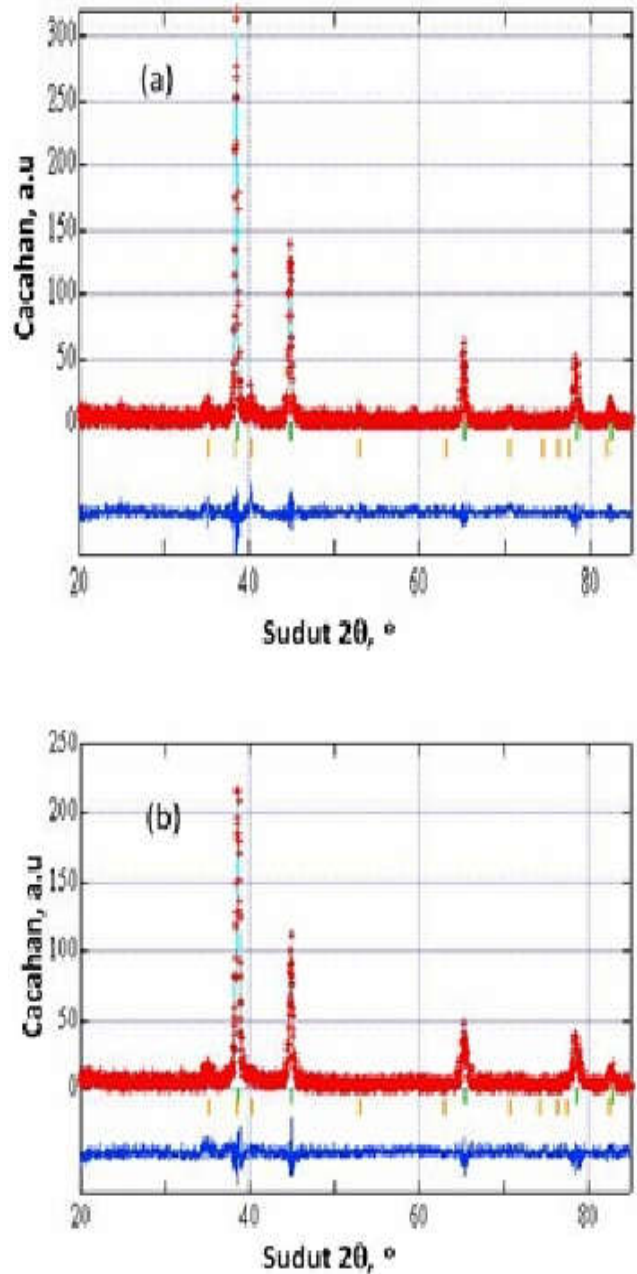
sudut 2θ yang lebih tinggi. Pergeseran kedudukan puncak aluminium dapat dihubungkan dengan pengurangan parameter kisi aluminium (Araki H dkk., 1995; P. B. Joshi dkk., 2005; Z. Sadeghian dkk., 2009). Pada saat yang sama, lebar puncak aluminium meningkat dengan meningkatnya waktu pemaduan. Meningkatnya lebar puncak aluminium berhubungan dengan penurunan ukuran kristalit dan peningkatan regangan internal (Araki H dkk., 1995; P. B. Joshi dkk., 2005; Z. Sadeghian dkk., 2009).

Ukuran kristalit aluminium sebagai fungsi waktu pemaduan ditunjukkan pada Gambar 3. Ukuran kristalit pada awal proses pemaduan adalah sekitar 31 nm. Kemudian, ukuran kristalit menurun dan mencapai nilai minimum setelah 20 jam waktu pemaduan. Untuk serbuk Al-10% berat Ti, ukuran kristalit minimum sekitar 18 nm. Nilai ini tetap konstan meskipun waktu pemaduan terus dinaikkan.

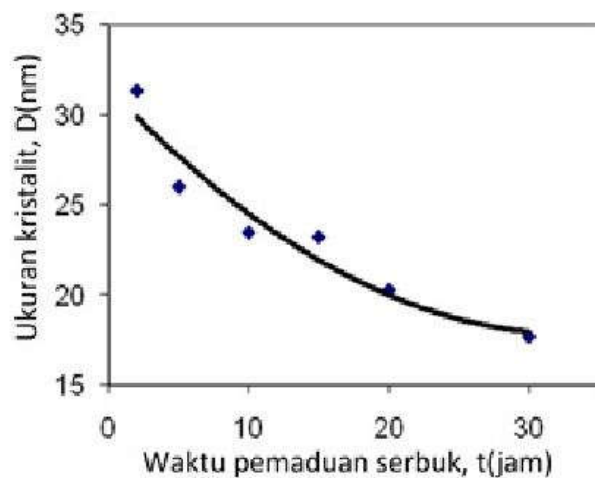


Gambar 1. Difraktogram XRD serbuk Al-10%beratTi setelah dipadu selama:

(a) 2, (b) 5, (c) 10, (d) 15, (e) 20 dan (f) 30 jam



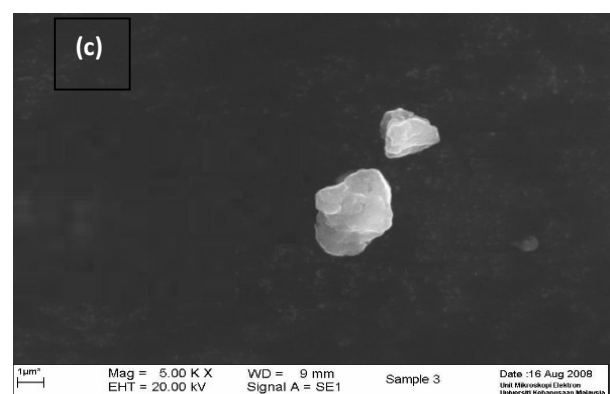
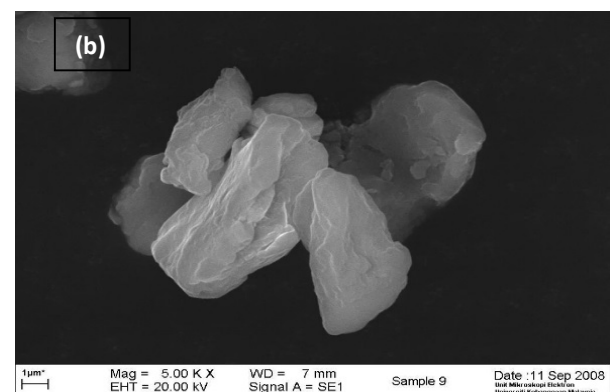
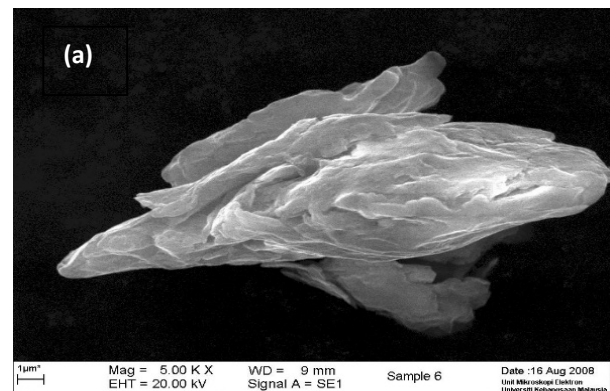
Gambar 2. Plot Rietveld refinement (XDR) serbuk Al-10%beratTi yang dipadu selama: (a) 2 jam (Al = 98.58 % and Ti = 1.42 %) dan (b) 20 jam (Al = 99.41 % and Ti = 0.59 %)



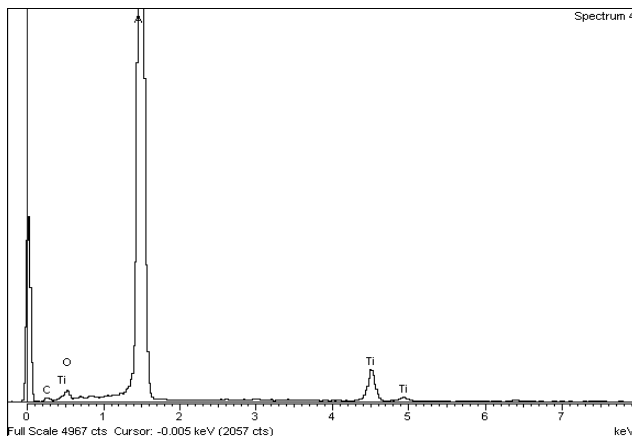
Gambar 3. Ukuran kristalit paduan Al-10%berat Ti terhadap lamanya waktu pemaduan

Mikrograf SEM serbuk Al-10%beratTi setelah pemaduan selama 2, 5 dan 20 jam ditunjukkan pada Gambar 4. Pada awal proses paduan mekanik (Gambar 4a), partikel dihaluskan oleh deformasi plastis disebabkan oleh gaya tekan yang diinduksi oleh kontak antara bola dan bola atau bola dan dinding. Pada waktu pemaduan 5 jam, partikel menjadi kecil (Gambar 4b). Setelah pemaduan selama 20 jam, partikel menjadi lebih kecil dan berbentuk bola seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4c. Ukuran partikel ini sekitar 1,5 μm .

Gambar 5 menunjukkan spektrum EDX dari serbuk Al-10%beratTi setelah pemaduan selama 20 jam. Unsur aluminium dan titanium terdeteksi dalam partikel yang menunjukkan bahwa paduan mekanik telah menjadikan serbuk aluminium dan titanium menjadi paduan biner Al-Ti sama seperti yang telah dilakukan oleh C. Suryanarayana dkk. (1997) dan Marjoni Imamora Ali Oemar dkk. (2004). Adanya unsur C dan O dalam serbuk diyakini berasal dari sisa bahan asam stearik yang digunakan sebagai bahan pelicin. Pada Gambar 5 sudah tidak ada kotoran lain yang terdeteksi. Ini membuktikan bahwa teknik pemaduan mekanik terhindar dari pengotor unsur lain (C. Suryanarayana dkk., 1997; Marjoni Imamora Ali Oemar dkk., 2004).



Gambar 4. Mikrograf SEM serbuk Al-10%beratTi setelah pemaduan selama (a) 2, (b) 5 and (c) 20 jam



Gambar 5. spektrum EDX dari serbuk Al-10%beratTi setelah pemaduan selama 20 jam

KESIMPULAN

Dengan mengamati pola difraksi serbuk Al-10%beratTi, derajat pengalioian menggunakan teknik pemaduan mekanik meningkat dengan meningkatnya waktu pemaduan. Hal ini ditunjukkan dengan menghilangnya puncak titanium dengan meningkatnya waktu pemaduan. Pada pola difraksi itu juga, semakin meningkat waktu pemaduan semakin lebar puncak aluminium yang menunjukkan bahwa ukuran kristalit juga semakin menurun dan mencapai nilai minimum 18 nm. Ukuran serbuk paduan Al-Ti mencapai 1,5 μm . Dari analisa SEM menunjukkan bahwa semakin bertambah waktu pemaduan ukuran serbuk Al-10%beratTi semakin mengecil mencapai 1,5 μm . Terakhir hasil pengamatan EDX menunjukkan bahwa teknik pemaduan mekanik yang digunakan terhindar dari unsur-unsur lain.

DAFTAR PUSTAKA

Araki, H., Saji, S., Okabe, T., Minamino, Y., Yamane, T., Miyamoto, Y., 1995, *Mater Trans JIM* 36(3); 465.

Belyakov, A., Sakai, Y., Hara, T., Kimura, Y., and K. Tsuzaki, 2003, *Metallurgical and Materials Transactions*, 34A 131-138.

Du, S.W. and Ramanujan, R.V., 2005, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials* 292; 286–298.

Joshi, P. B., Marathe, G. R., Pratap, A. and Kurup, V., 2005, *Hyperfine Interactions* 160 ;173–180.

Khosroshahi, R.A., Ahmadi, N.P. and Samadzadeh, S., 2008, *Journal of Applied Science* 8 ,20; 3727-3732.

Krasnowski, M., Antolak, A. and Kulik, T., 2005, *Rev. Adv. Mater.Sci.* 10 417-421.

Mercado, W.B. et al, 2006., *Hyperfine Interact*, 168:943–949.

Oemar, M.I.A., Daud, A.R., Radiman, S. and Ibrahim, N.B., 2004, *Physics Journal of The Indonesian Physical Society*, A7 0109.

Sadeghian, Z., Enayati, M. H., Beiss, P., 2009, *Master Sci* 44 ;2566-2572.

Suryanarayana, C., Korth, G.E. and Froes, F.H. , 1997, *Metallurgical and Materials Transactions* 28A 293-302.

Zhu, X. et al., 2006, *Oxidation of Metals*, Vol. 65, Nos. 5/6, 357-376.