

# Sintesa dan Karakterisasi Material *Ceramic Metal Composite* (Ti<sub>1-x</sub>Mo<sub>x</sub>)C-NiCr melalui Proses Pemaduan Mekanik dengan Variasi Komposisi Molibdenum

Ali Alhamidi, Suryana dan Saddam Husein

Jurusan Teknik Metalurgi-Fakultas Teknik, Cilegon-Indonesia

42121

E-mail: ali.alhamidi@ft-untirta.ac.id

## Abstract

Powder mixtures of Ti, Ni, Cr and C with various composition of Mo are processed by planetary ball mill for 10 h and subsequently, sintered at temperatur of 1100 C for 2 h have been investigated. The result shows that wettability of titanium carbides enhanced with the fraction of molybdenum. Furthermore, the XRD and SEM observation show that TiC grains are refined, indicating Mo is an affective grain growth inhibitor.

**Keywords :** titanium carbide, mechanical alloying, crystallite size, .

## 1. Pendahuluan

*Ceramic Metal Composite (Cermet)* berbasis titanium karbida (TiC) merupakan material yang digunakan untuk menggantikan material konvensional tungsten karbida (WC) pada aplikasi *metal machining* sebagai lapisan pelindung keras untuk alat mesin pemotong pada baja dan besi cor. TiC memiliki sifat keras pada temperatur tinggi, memiliki stabilitas terhadap panas dan reaksi kimia, ketahanan terhadap deformasi plastis pada temperatur tinggi dan ketahanan aus [1]. Namun, salah satu kesulitan mensintesa TiC adalah mereduksi melalui peleburan TiO<sub>2</sub> dengan karbon (C) pada temperatur 1800°C hingga 2000°C sehingga reduksi TiC membutuhkan energi yang besar dan temperatur tinggi [2]. Para peneliti telah menemukan bahwa serbuk TiC dapat disintesa pada temperatur kamar oleh *high energy milling* sehingga dapat mengurangi penghematan biaya sintesa.

Pemaduan mekanik merupakan salah satu teknik sintesa yang dilakukan dalam keadaan padat (*solid-state*). Selama proses pemaduan mekanik terjadi proses penggilingan mekanik dari pencampuran serbuk untuk memproduksi paduan homogen menggunakan energi mekanik yang disebabkan oleh deformasi plastis tumbukan antar bola [3]. Pemaduan mekanik dapat juga digunakan untuk mensintesa larutan padat, nano partikel, paduan amorf, intermetalik dan komposit.

Pada penelitian sebelumnya bahwa *cermet* berbasis TiC memiliki kekurangan yaitu *wettability* antara fasa keramik dengan fasa logam pada saat sintering dalam ruang vakum dan dapat mengakibatkan densifikasi yang rendah sehingga terjadi pertumbuhan butir keramik yang tidak normal dan mengurangi sifat mekanik. Penambahan molibdenum (Mo) pada *cermet* berbasis TiC dianggap sebagai salah satu metode yang paling efektif untuk meningkatkan *wettability* yang dapat meningkatkan kepadatan pembentukan fasa larutan padat *cermet* dan meningkatkan sifat mekanik [4].

Dalam penelitian ini akan dibuat material *cermet* (Ti<sub>1-x</sub>Mo<sub>x</sub>)C-NiCr menggunakan teknik pemaduan mekanik dan mengetahui keberhasilan teknik ini menjadi material komposit serta mengetahui pengaruh penambahan Mo terhadap ukuran kristalit keramik setelah sintering.

## 2. Metode

Serbuk yang digunakan adalah serbuk murni titanium (Ti), karbon (C), molibdenum (Mo), kromium (Cr) dan Nikel (Ni) dengan komposisi perbandingan  $75\{(Ti_{1-x}Mo_x)17C\}-25NiCr$  rasio Ni-Cr 2:1 dengan variasi komposisi Mo  $x = 0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4$  dan  $0,5$ . Selanjutnya serbuk *dimixing* didalam tabung kaca secara manual dan capuran serbuk di *milling* selama 10 jam. BPR yang digunakan 10:1. Pemaduan mekanik dilakukan menggunakan alat *planetary ball mill* dengan kecepatan 160 rpm. PCA yang digunakan adalah toluena.

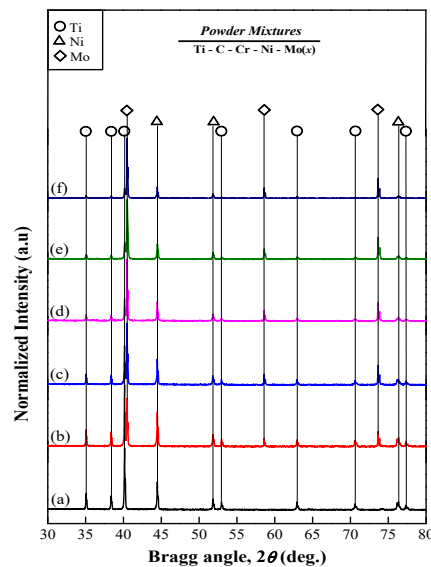
Serbuk hasil *milling* kemudian dikompaksi dengan tekanan 2000 MPA selama 5 menit. Pelet hasil kompaksi kemudian disintering dengan temperatur 1100°C selama 2 jam.

Sampel hasil *mixing*, *milling* dan sintering dikarakterisasi menggunakan XRD. Hasil pengujian XRD dicocokkan dengan *software highscore plus* untuk menganalisa puncak yang teridentifikasi. Pengujian SEM digunakan untuk menganalisa morfologi pada *cermet*.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Hasil analisa XRD

Hasil analisa XRD serbuk *mixing* seperti ditunjukkan pada Gambar 1. nampak jelas *peak* untuk fasa campuran unsur - unsur yang terdiri dari Ti, Ni, dan Mo. Pengamatan lebih dekat tidak nampak *peak* fasa Cr hal ini kemungkinan disebabkan tidak tercampurnya Cr selama proses pencampuran karena serbuk Cr menempel pada dinding tabung. Pengamatan fasa C juga tidak nampak karena struktur kristalnya berbentuk amorf.

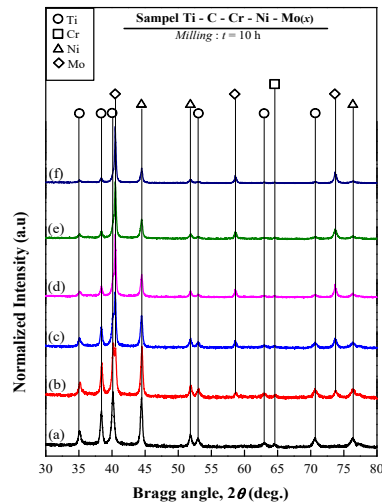


**Gambar 1.** Analisa XRD sampel Ti – C – Cr – Ni – Mo(x) pencampuran untuk: (a)  $x = 0$  wt.%, (b)  $x = 0,1$  wt.%, (c)  $x = 0,2$  wt.%, (d)  $x = 0,3$  wt.%, (e)  $x = 0,4$  wt.%, dan (f)  $x = 0,5$  wt.%

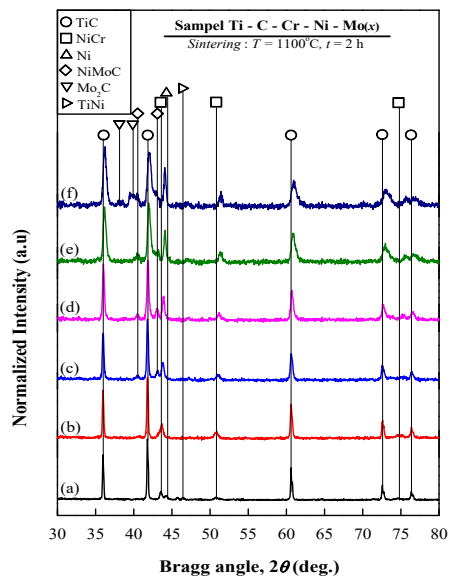
Gambar 2. menunjukkan *peak* untuk campuran *ceramic metal composite* pada saat *milling* selama 10 jam. Dari Gambar 2. (a) nampak *peak* untuk seluruh elemen penyusun seperti Ti, Ni, Cr dan Mo. Ini menunjukkan proses *milling* dengan dengan *planetary ball mill* selama 10 jam sampel efektif untuk homogenisasi campuran dan pada Gambar 2. (b), (c), (d), (e) dan (f) nampak *peak* mengalami perubahan intensitas dengan penambahan elemen Mo. Hal ini

menunjukkan penambahan Mo meningkatkan deformasi seluruh elemen penyusun.

Proses sintering merupakan metode untuk membuat produk dari bahan serbuk, dengan memanaskan material sehingga partikel-partikel berikatan satu sama lain menjadi koheren, menghasilkan struktur padat melalui perpindahan massa yang biasa terjadi dalam skala atom. Pada Gambar 3. menunjukkan *peak* untuk *ceramic metal composite* pada saat sintering pada temperatur 1100 °C selama 2 jam. Pengamatan peak nampak bahwa material membentuk fasa baru yaitu fasa karbida (TiC) dan fasa logam (NiCr).



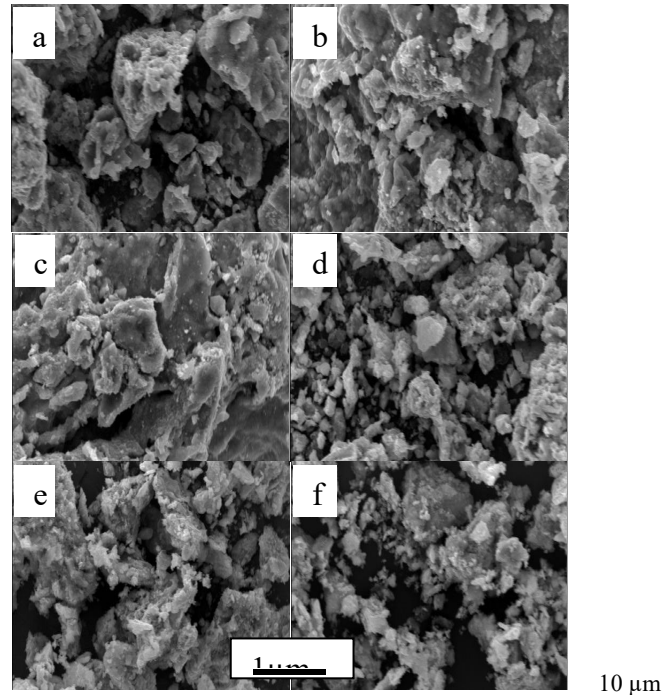
**Gambar 2.** Analisa XRD sampel Ti – C – Cr – Ni – Mo(x) setelah milling 10 jam untuk: (a)  $x = 0$  wt.%, (b)  $x = 0,1$  wt.%, (c)  $x = 0,2$  wt.%, (d)  $x = 0,3$  wt.%, (e)  $x = 0,4$  wt.%, dan (f)  $x = 0,5$  wt.%



**Gambar 3.** Analisa XRD sampel Ti – C – Cr – Ni – Mo(x) setelah milling 10 jam untuk: (a)  $x = 0$  wt.%, (b)  $x = 0,1$  wt.%, (c)  $x = 0,2$  wt.%, (d)  $x = 0,3$  wt.%, (e)  $x = 0,4$  wt.%, dan (f)  $x = 0,5$  wt.%

### 3.2 Hasil Uji SEM

Morfologi *ceramic metal composite* ditunjukkan oleh Gambar 4. Terlihat sampel membentuk seperti aglomerasi (penggumpalan).

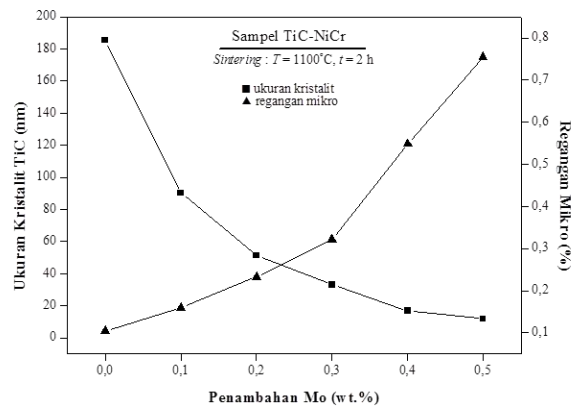


**Gambar 4.** Foto struktur mikro hasil SEM sampel cermet setelah sintering pada temperatur 1100°C untuk: (a) Mo = 0 wt.%, (b) Mo = 0,1 wt.%, (c) Mo = 0,2 wt.%, (d) Mo = 0,3 wt.%, (e) Mo = 0,4 wt.%, dan (f) Mo = 0,5 wt.%

### 3.3 Analisa Ukuran Kristali Dan Regangan Mikro

Pergeseran dan pelebaran *peak (broadening)* pada profil analisa XRD pada sampel sintering memberikan analisa ukuran kristalit dan regangan mikro. Gambar 5. menunjukkan pengaruh penambahan Mo terhadap ukuran kristalit TiC, dari data diperoleh ukuran kristalit tanpa Mo adalah 185,72 nm. Kemudian terjadi penurunan ukuran kristalit yang signifikan setelah penambahan Mo 0,1 wt.% yaitu 90,42 nm. Penambahan 0,2; 0,3; 0,4 dan 0,5 wt.% ukuran kristalit keramik berturut – turut menjadi 51,4; 33,14; 16,92 dan 11,72 nm. Berdasarkan ukuran kristalit tersebut membuktikan bahwa Mo efektif sebagai inhibitor pertumbuhan butir kristalit TiC pada saat sintering.

Dari data diperoleh juga regangan mikro tanpa penambahan Mo adalah 0,1046 %, kemudian setelah penambahan Mo 0,1 wt.% terjadi kenaikan regangan mikro 0,1602 % dan Penambahan 0,2; 0,3; 0,4 dan 0,5 wt.% berturut – turut regangan mikro mengalami kenaikan menjadi 0,233; 0,3208; 0,5488 dan 0,7554 %. Hal ini menunjukkan bahwa dengan penambahan Mo peak mengalami pergeseran yang mengindikasikan bahwa elemen Mo mensubstitusikan Ti pada TiC.



**Gambar 5.** Kurva pengaruh penambahan Mo terhadap ukuran kristalit TiC dan regangan kisi

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan mengenai sintesa dan karakterisasi material *cermet* ( $Ti_{1-x}Mo_x$ )C-NiCr, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Material *cermet* telah dibuat dengan menggunakan *planetary ball mill* dengan komposisi senyawa yang diperoleh TiC-NiCr.
2. Keberhasilan proses pemaduan mekanik diindikasikan dengan terbentuknya *cermet*. tetapi dalam penelitian ini beberapa komposisi yang dihasilkan tidak sesuai dengan yang diharapkan yang telah diidentifikasi menggunakan *software highscore plus*.
3. Molibdenum berpengaruh terhadap ukuran kristalit TiC. Ukuran kristalit semakin kecil seiring dengan bertambahnya molibdenum.

#### Daftar Pustaka

- [1] M. Naidoo, 2012, *Dissertation Preparation Of (Ti,Ta) (C,N) By Mechanical Alloying*, University Of The Witwatersrand, Johannesburg.
- [2] M. Viljus et al, 2012, *Structure Formation In Ti-C-Ni-Mo Composites During Reactive Sintering*. Mater. Sci. Vol.18, 1.
- [3] C. Suryanarayana, 2003, *Mechanical Alloying And Milling*, Marcel Dekker, New York.
- [4] Z. Gouping et al, 2014, *Effect Of Mo Addition On Microstructure And Mechanical Properties Of (Ti,W)C Solid Solution Based Cermets*. Int. J. Refrac. Met. Hard Mater, Vol. 43, 77-82.
- [5] R.M. Jones, 1975, *Mechanics Of Composites Materials*, McGraw-Hill, Washington.
- [6] P. Ettmayer et al, 1995, *Ti(C,N) Cermet – Metallurgy And Properties*. Int. J. Refrac. Met. Hard Mater, Vol.13, 343-351.
- [7] Z. Guo et al, 2008, *Effect Of Mo<sub>2</sub>C On Microstructure And Properties Of WC-TiC-Ni Cemented Carbide*. Int. J. Refrac. Met. Hard Mater, Vol. 26, 601-605.
- [8] N. Liu et al, 2003, *Influence Of Molybdenum Addition On The Microstructure And Mechanical Properties Of TiC-Based Cermets With Nano-TiN Modification*, Ceramic International, Vol. 29, 919-925.
- [9] M.W. Barsoum, 1997, *Fundamental Of Ceramic*, McGraw-Hill, USA
- [10] M. Jöeleht et al, 2014, *The Formation Of Reactive Sintered (Ti, Mo) C-Ni Cermet From Nanocrystalline Powders*. Int. J. Refrac. Met. Hard Mater, Vol. 43, 284-290.