

# SINTESIS PADUAN Co26Cr6Mo DENGAN PENAMBAHAN 0,18N SEBAGAI BAHAN DASAR PEMBUATAN *TOTAL KNEE REPLACEMENT* (TKR)

I Nyoman Gede P. A<sup>1\*</sup>, Cahya Sutowo<sup>2</sup>, Ika Kartika<sup>3</sup>, Nono Darsono<sup>4</sup>, Fendy Rokhmanto<sup>5</sup>, Galih Senopati<sup>6</sup>, Sulistioso Giat S<sup>7</sup>, Iwan Sumirat<sup>8</sup>, Djoko Hadi P<sup>9</sup>

<sup>\*123456</sup> Pusat Penelitian Metalurgi dan Material – LIPI

<sup>78</sup> Pusat Sains dan Teknologi Bahan Maju - BATAN

<sup>9</sup> Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan – BATAN

E-mail: inyo001@lipi.go.id

## ABSTRAK

Telah dilakukan pembuatan ingot paduan Co26Cr6Mo yang disebut sebagai paduan CCM dengan penambahan 0,18N, sebagai bahan dasar pembuatan TKR. Tujuan penambahan unsur N adalah untuk mereduksi keberadaan fasa  $\epsilon$  yang keras dan getas karena mempunyai sistem kristal HCP. Ingot Co26Cr6Mo0,18N dibuat dengan menggunakan *arc melting furnace* dalam suasana *inert* gas argon. Ingot yang dihasilkan kemudian dikarakterisasi dengan menggunakan mikroskop optik, uji keras dilakukan dengan metode *Rockwell* dan analisa fasa yang terbentuk dengan menggunakan *x-ray diffraction*. Hasil pengamatan struktur mikro menunjukkan Co26Cr6Mo0,18N memiliki struktur dendritik yang menunjukkan sifat khas hasil pengecoran. Struktur dendritik teramati homogen dan tidak teramati adanya poros. Nilai kekerasan dari ingot Co26Cr6Mo0,18N adalah 34,8 HRC atau sesuai dengan CoCrMo komersil.

**Kata kunci:** Ingot, Co26Cr6Mo0,18N, TKR

## ABSTRACT

*Has made the manufacture of alloy ingots Co26Cr6Mo known as CCM alloys with 0,18N addition, as the manufacture of TKR. Interest is the addition of N  $\epsilon$ -phase to reduce the presence of a hard and brittle because they have system HCP crystal. Ingot Co26Cr6Mo0,18N created using arc melting furnace in an inert atmosphere of argon gas. Ingot is then characterized using an optical microscope, hard test was conducted by Rockwell and analysis phase is formed by using x-ray diffraction. The observation of the microstructure showed Co26Cr6Mo0,18N has a dendritic structure which exhibits typical casting results. Homogeneous dendritic structure was observed and unobserved the shaft. Hardness values of ingot Co26Cr6Mo0,18N is 34.8 HRC or according to commercial CoCrMo.*

*Keywords:* Ingot, Co26Cr6Mo0,18N, TKR

## PENDAHULUAN

Paduan CoCrMo merupakan bahan yang biokompatibel dan secara luas digunakan sebagai bahan implan ortopedi seperti sendi pinggul dan penggantian tempurung lutut. Paduan ini bersifat unggul karena memiliki biokompatibilitas, sifat mekanik, ketahanan aus, dan korosi yang baik[1]. Biokompatibilitas paduan CoCrMo terkait erat dengan ketahanan korosi yang sangat baik karena kehadiran dari film oksida tipis CrO yang secara spontan terbentuk pada permukaan paduan. Film oksida tipis berfungsi sebagai penghalang untuk proses korosi dalam sistem

paduan yang akan mengalami tingkat korosi[1]. Film oksida pasif ini secara spontan terbentuk pada permukaan paduan berupa Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dengan beberapa kontribusi kecil dari Co dan Mo oksida[2].

Tiga elemen dasar paduan kobalt menggunakan unsur kobalt, *chromium* dan molibdenum. Material kobalt merupakan material utama pada komposisi CoCrMo. Material ini berwarna perak keabu – abuan, tahan korosi serta tahan aus[2]. *Chromium* ditambahkan untuk meningkatkan kekerasan dan ketahanan korosi, khususnya ketahanan terhadap korosi lokal. *Chromium* membentuk

lapisan oksida yang kuat, berfungsi sebagai lapisan pasif untuk membentengi material utama di bawahnya dari lingkungan sekitar[1]. Molibdenum sangat berperan aktif dalam ketahanan korosi terutama korosi sumuran (*pitting*) dan korosi celah (*crevice*). Molibdenum merupakan penstabil lapisan pasif yang telah terbentuk oleh Cr sehingga lapisan pasif akan lebih tahan terhadap serangan dari senyawa yang menyerang lapisan pasif. Secara termodinamika fase  $\epsilon$  lebih stabil pada temperatur kamar sehingga umumnya paduan kobalt menahan struktur fcc hingga temperatur sekitar 1000 °C. Berdasarkan diagram biner Co-Cr, kandungan Cr sekitar 30% di dalam Co-Cr, fasa dengan kisi heksagonal bertransformasi menjadi fasa  $\gamma$  dengan kisi kristal kubik pada suhu diatas 950 °C. Adanya transformasi fasa ke kristal kubik ini memberi peluang keberlangsungan proses difusi sehingga pada kondisi ini dimana suhu diatas 950 °C memungkinkan untuk dilakukan pengerjaan tempa. Namun demikian pembentukan fasa  $\sigma$  sangat mungkin terjadi karena fasa  $\sigma$  dengan kisi kristal tetragonal masih tetap terbentuk pada suhu tinggi hingga 1283 °C[3]. Munculnya fasa  $\sigma$  dengan kisi kristal tetragonal ini dapat mengakibatkan keretakan pada pengerjaan tempa sehingga sangat penting untuk menghindari pembentukan fasa  $\sigma$  (rapuh) dan menjaga matriks dalam struktur kristal fcc[4]. Peningkatan struktur kristal fcc dapat dilakukan dengan perlakuan panas dan tempa serta meningkatkan komposisi krom (Cr) dan nitrogen. Teknik pembuatan yang dapat digunakan dalam pembuatan paduan CoCrMo adalah teknik peleburan dan *forging*[3].

Tujuan dari studi ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan unsur nitrogen pada struktur mikro dan sifat mekanik dalam hal ini harga kekerasan paduan CoCrMoN.

## METODE

Material bahan baku yang digunakan pada penelitian ini dari cobalt murni (99,9%), krom murni (99,9%), molybdenum murni (99,5%), dan CrN (99,5%). Proses pengecoran dilakukan dengan menggunakan *Arc Remelting Furnace* dalam suasana *inert* gas argon. Cetakan yang digunakan terbuat dari tembaga murni yang dialiri air sebagai pendingin. Ingot yang dihasilkan berupa pancake ingot

kemudian dilakukan pemotongan menggunakan mesin potong untuk mendapatkan specimen uji berupa blok 1 x 1 x 1 cm. Blok spesimen CoCrMoN kemudian dimounting menggunakan resin dan dipoles menggunakan ampelas sampai tingkat kehalusan yang dibutuhkan untuk uji metalografi. Etsa yang digunakan adalah campuran asam sulfat dan methanol. Pengamatan metalografi dilakukan dengan menggunakan mikroskop optic Meiji Japan. Pengujian difraksi sinar-x dilakukan dengan menggunakan Rigaku Smartlab difraktometer dengan menggunakan radiasi Cu dan dilakukan pada kondisi 30kV/15mA. Pengujian harga kekerasan dilakukan dengan menggunakan metode uji keras Rockwell. Pengamatan struktur mikro dengan mikroskop electron dan pengujian komposisi kimia EDS dilakukan dengan menggunakan mesin JEOL.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

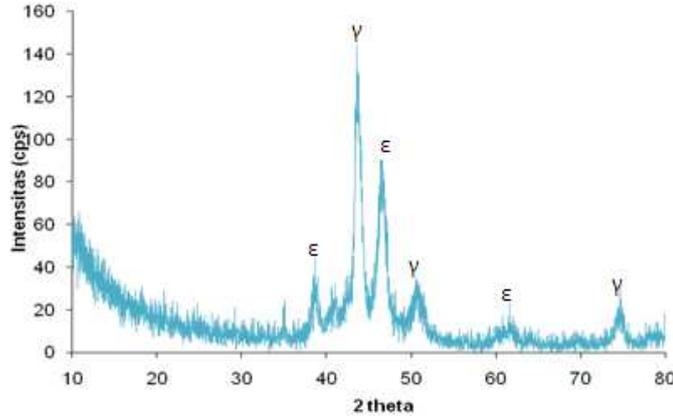
Gambar 1 menunjukkan ingot Co<sub>26</sub>Cr<sub>6</sub>Mo<sub>0,18</sub>N yang dihasilkan dengan menggunakan mesin arc remelting furnace. Pada Gambar 1 terlihat ingot Co<sub>26</sub>Cr<sub>6</sub>Mo<sub>0,18</sub>N memiliki warna hitam kehijauan.



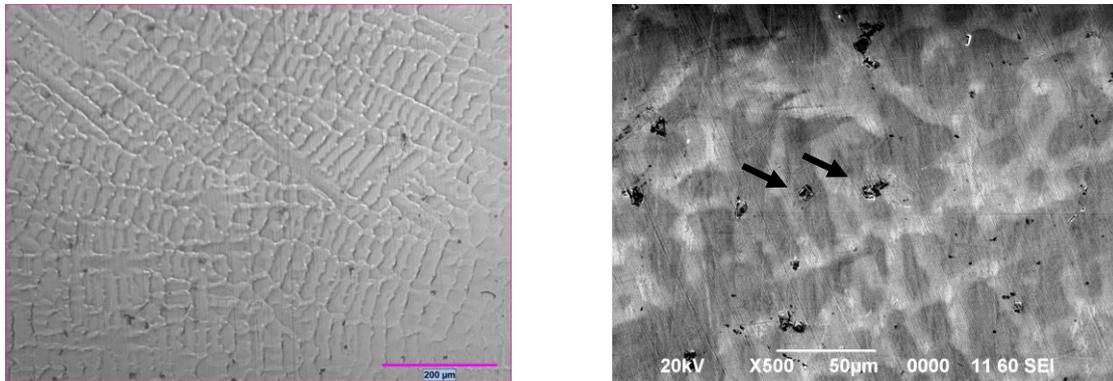
Gambar 1. Ingot CoCrMo<sub>0,18</sub>N hasil proses *Arc Remelting Furnace*

Gambar 2 menunjukkan pola difraksi sinar-x ingot Co<sub>26</sub>Cr<sub>6</sub>Mo<sub>0,18</sub>N. Pola difraksi ingot Co<sub>26</sub>Cr<sub>6</sub>Mo<sub>0,18</sub>N teramati terdapat dua fasa yaitu fasa  $\gamma$  dan fasa  $\epsilon$ . Penambahan unsur N pada paduan Co<sub>26</sub>Cr<sub>6</sub>Mo<sub>0,18</sub>N bertujuan untuk menstabilkan fasa  $\gamma$  yang memiliki sifat yang ulet karena memiliki struktur kristal FCC (*face center cubic*). Dengan penambahan unsur N diharapkan keberadaan fasa  $\epsilon$  yang memiliki sifat getas dapat ditekan pertumbuhannya, maka kekuatan leleh dapat ditingkatkan, sifat

ulet sampel dapat meningkat dengan menstabilkan fasa  $\gamma$ . Pola difraksi pada Gambar 2 menunjukkan fasa  $\gamma$  lebih dominan dibandingkan fasa  $\epsilon$ .

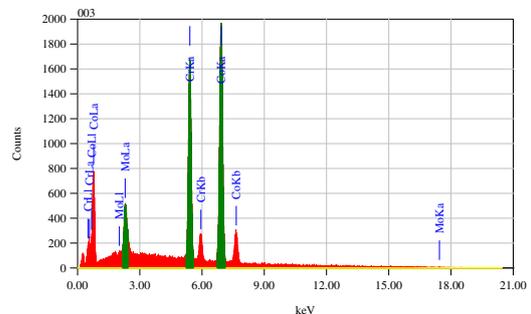


Gambar 2. Pola difraksi sinar-x ingot Co26Cr6Mo0,18N



Gambar 3 (a) foto struktur mikro ingot Co26Cr6Mo0,18N dengan mikroskop optik (b) foto struktur mikro ingot Co26Cr6Mo0,18N dengan mikroskop elektron

Gambar 4 menunjukkan hasil analisa komposisi kimia menggunakan EDS. Pada Gambar 4 teramati bahwa komposisi kimia dari ingot Co26Cr6Mo0,18N yang dihasilkan mendekati dari target yang diinginkan. Namun elemen nitrogen tidak teramati karena selain kandungannya hanya 0,18% berat tetapi juga karena keterbatasan dari EDS dalam mendeteksi logam dengan berat atom yang ringan.

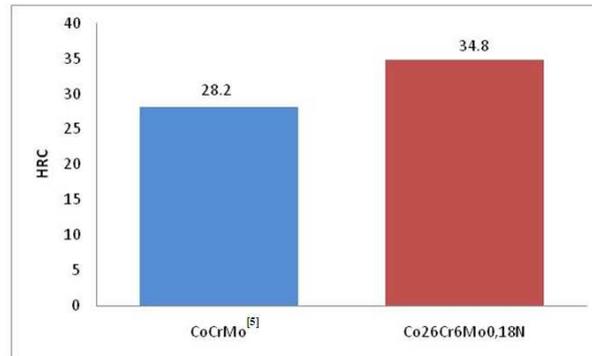


Elemen	% berat
Co	65,87
Cr	27,58
Mo	6,55
N	-

Gambar 4. Hasil analisa komposisi kimia ingot CoCrMoN menggunakan EDS

Gambar 5 menunjukkan harga kekerasan ingot Co26Cr6Mo0,18N dibandingkan dengan harga kekerasan paduan CoCrMo komersil. Harga kekerasan paduan CoCrMo dengan penambahan N memiliki tingkat kekerasan yang lebih tinggi dibandingkan tanpa N hal ini disebabkan karena adanya presipitat berupa

*blocky dense* seperti yang teramati pada struktur mikro.



Gambar 5. Harga kekerasan ingot Co26Cr6Mo0,18N

### SIMPULAN DAN SARAN

Dari studi sintesis paduan Co26Cr6Mo dengan penambahan 0,18N dapat disimpulkan bahwa ingot yang dihasilkan memiliki struktur dendritik dengan komposisi yang mendekati dari target yang diinginkan. Dari analisis fasa dengan XRD menunjukkan fasa yang dominan adalah fasa  $\gamma$ . Nilai kekerasan Co26Cr6Mo0,18N adalah 34,8 HRC.

### UCAPAN TERIMAKASIH

Kami mengucapkan terimakasih kepada Kementerian Riset Teknologi dan Pendidikan Tinggi yang telah membiayai penelitian ini melalui program Insinas 2016.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Turkan,U., Orhan O, Eroglu, A.E. (2006). Metal ion release from nitrogen ion implanted CoCrMo orthopedic implant material. *Surface & Coatings Technology* 200:5687–5697.
- [2] Bombac, D., et al. (2007). Review of materials in medical application. *RMZ-Material and Geonvironment* 54(4):471-499.
- [3] Yuswono. (2005). Pembuatan logam paduan biokompatibel (Co-30%Cr-5%Mo) melalui pengerjaan tempa. *Makalah*. Dalam: Seminar Material Metalurgi di Serpong 29 Desember.

- [4] Lee, S.H., Nomura, N., Chiba, A. (2007). Microstructures and mechanical properties of biomaterial Co-Cr-Mo alloys with combination of N addition and Cr-enrichment 1<sup>st</sup>; *Asian Biomaterials Congress*, December 6-8, 2007. Tsukuba:japan.
- [5] Kafi Kalam, Fendy Rokhmanto, Ika Kartika, Alfirano, Bambang Soegijono. Pengaruh karbon dan nitrogen terhadap peningkatan nilai kekerasan dan pembentukan presipitat pada paduan Co-Cr-Mo sebagai material biomedis. *Prosiding biomaterial conference 2015*. Jakarta.