

# Pengaruh Temperatur Austenisasi terhadap Struktur Mikro dan Nilai Kekerasan Material 14%Cr-3%Ni-2%Mo-2%C untuk Aplikasi Bola Gerus

Imaniar Romaeni<sup>(1)\*</sup>, Posman Manurung<sup>(1)</sup>, dan Fajar Nurjaman<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>Jurusan Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Lampung, Bandar Lampung 35145

<sup>(2)</sup>Balai Penelitian Teknologi Mineral LIPI, Lampung Selatan

\*Email korespondensi: imaniarromaeni@gmail.com

Diterima ( 31 Januari 2017 ), direvisi ( 6 Februari 2017 )

**Abstract.** This study was conducted to determine the effect of heat treatment in the form of sub-critical, austenization, quenching and tempering the hardness values of the white cast iron material as consideration for testing wear resistance of local and foreign products as grinding balls. Samples was treated sub-critical at a temperature of 700°C with a hold time of 2 hours and continued with austenization temperature variation of 850, 950 and 1050°C with a hold time of each sample is 5 hours. The optimum hardness value was obtained at a temperature of 950°C austenization in the amount of 68.3 HRC and decreased at a temperature of 1050°C. It is because the solubility of carbon elements making up the matrix. Next will be tempering at a temperature of 250°C and holding time 2 hours hardness values decreased but the value of wear resistance is obtained even better ie grinding balls of 0.03 g/kg of product due to the combination of its constituent elements, namely chromium-molybdenum and nickel are high the presence of wear phenomena induced martensite.

**Keywords.** Austenization, Forced air, Grinding ball

**Abstrak.** Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh perlakuan panas berupa sub-kritis, austenisasi, quenching dan tempering terhadap nilai kekerasan dari material besi cor putih sebagai pertimbangan untuk pengujian nilai ketahanan aus dari produk bola gerus lokal dan membandingkannya dengan produk bola gerus luar negeri. Sampel akan diberikan perlakuan sub-kritis pada temperatur 700°C dengan waktu tahan 2 jam dan dilanjutkan dengan variasi temperatur austenisasi yaitu 850, 950 dan 1050°C dengan waktu tahan masing-masing sampel adalah 5 jam. Nilai kekerasan optimum diperoleh pada temperatur austenisasi 950°C yaitu sebesar 68,3 HRC dan mengalami penurunan pada suhu 1050°C hal ini dikarenakan terjadinya kelarutan unsur karbon penyusun pada matrik. Selanjutnya akan tempering dengan suhu 250°C dan waktu tahan 2 jam nilai kekerasan menurun akan tetapi nilai ketahanan aus yang diperoleh justru lebih baik yaitu sebesar 0,03 gr bola gerus/kg produk karena kombinasi dari unsur penyusunnya yaitu kromium molybdenum dan nikel yang tinggi dengan hadirnya fenomena wear induced martensite.

**Kata kunci.** Austenisasi, bola gerus, udara paksa

---

## PENDAHULUAN

Besi cor putih paduan kromium tinggi banyak diaplikasikan dalam berbagai komponen industri penggerusan batuan mineral dengan ketahanan aus yang tinggi. hal ini dikarenakan unsur paduan Cr yang terkandung dalam besi cor putih paduan kromium tinggi mampu meningkatkan nilai kekerasan melalui pembentukan karbida [1].

Nilai ketahanan abrasi yang tinggi akibat pengaruh unsur kromium ini sangat baik terutama dalam penggunaannya sebagai material bola gerus dalam mesin penggilingan bola [2]. Akan tetapi bola gerus di Indonesia saat ini masih belum sebaik kualitas bola gerus dari luar negeri [3].

Sebelumnya telah dilakukan penelitian terkait oleh Riansyah (2012), pada pembuatan bola gerus dengan bahan baku

besi cor putih paduan kromium tinggi, dengan komposisi 2,23% C – 13,3% Cr – 0,66% Mo dengan perlakuan *sub zero treatment* di dapatkan nilai kekerasan 58,5 HRC yang terpaud kecil dari standar SNI 07-1069-1989 yaitu sebesar 59 HRC untuk besi tuang putih.

Dengan kata lain, nilai kekerasan yang disyaratkan belum terpenuhi oleh karena itu pada penelitian ini akan dilakukan pembutan bola gerus dari bahan baku besi cor putih dengan komposisi 14,29% Cr – 3,03% Ni – 2,12% Mo – 2,32% C dengan variasi temperatur austenisasi 850, 950 dan 1050°C.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Unit Pengecoran di Balai Penelitian Teknologi Mineral LIPI (BPTM LIPI) Lampung. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah potongan besi, kromium (Cr), bakelite, dan larutan nital. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *furnace* atau tungku pemanas, mikroskop optik, mesin amplas, mesin poles, mesin rockwell *hardness*.

Penelitian ini terdiri dari beberapa langkah yaitu proses peleburan untuk meleburkan material potongan besi dengan kromium sebagai bahan dasar pembuatan bola gerus. Proses perlakuan panas untuk mengetahui pengaruhnya terhadap sifat mekanis material yang akan dibuat berupa sub-kritis pada suhu 700°C dengan waktu tahan 2 jam yang dimaksudkan untuk menghilangkan tegangan sisa yang terdapat pada material tersebut setelah proses peleburan.

Selanjutnya proses austenisasi dengan variasi suhu 850, 950 dan 1050°C dengan waktu tahan masing-masing 5 jam untuk mengetahui suhu terbaik dalam proses pembentukan martensit ketika dilakukan *quenching* menggunakan udara paksa dan terakhir akan diikuti perlakuan panas berupa *tempering* pada suhu 250°C selama

2 jam. setelah itu melakukan karakterisasi berupa uji komposisi, kekerasan, struktur mikro dan uji ketahanan aus.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

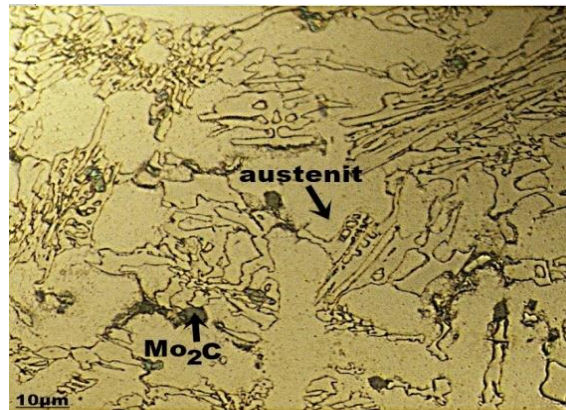
Data disajikan pada **Tabel 1**, dari data hasil pengujian didapatkan kandungan unsur karbon (C) mencapai 2,32% berat, unsur (Si) yang mencapai 1,24% berat, dan kandungan unsur kromium (Cr) yang mencapai 14,29% berat, maka material uji ini dapat digolongkan kedalam klasifikasi besi cor paduan. Menurut SNI 07-1069-1989 kompo-sisi yang dimiliki oleh material ini Kekerasannya mampu mencapai 550/650 HBN yang berarti bahwa material ini memiliki nilai kekerasan yang tinggi sehingga sesuai sebagai aplikasi dalam pembuatan bola gerus.

Tingginya unsur kromium yang terkandung dalam material ini akan memberikan nilai ketahanan aus yang sangat baik [2]. Hal ini sesuai dengan pernyataan Nasir [4] bahwa penambahan unsur kromium akan meningkatkan nilai kekerasan dan meningkatnya pertumbuhan butir.

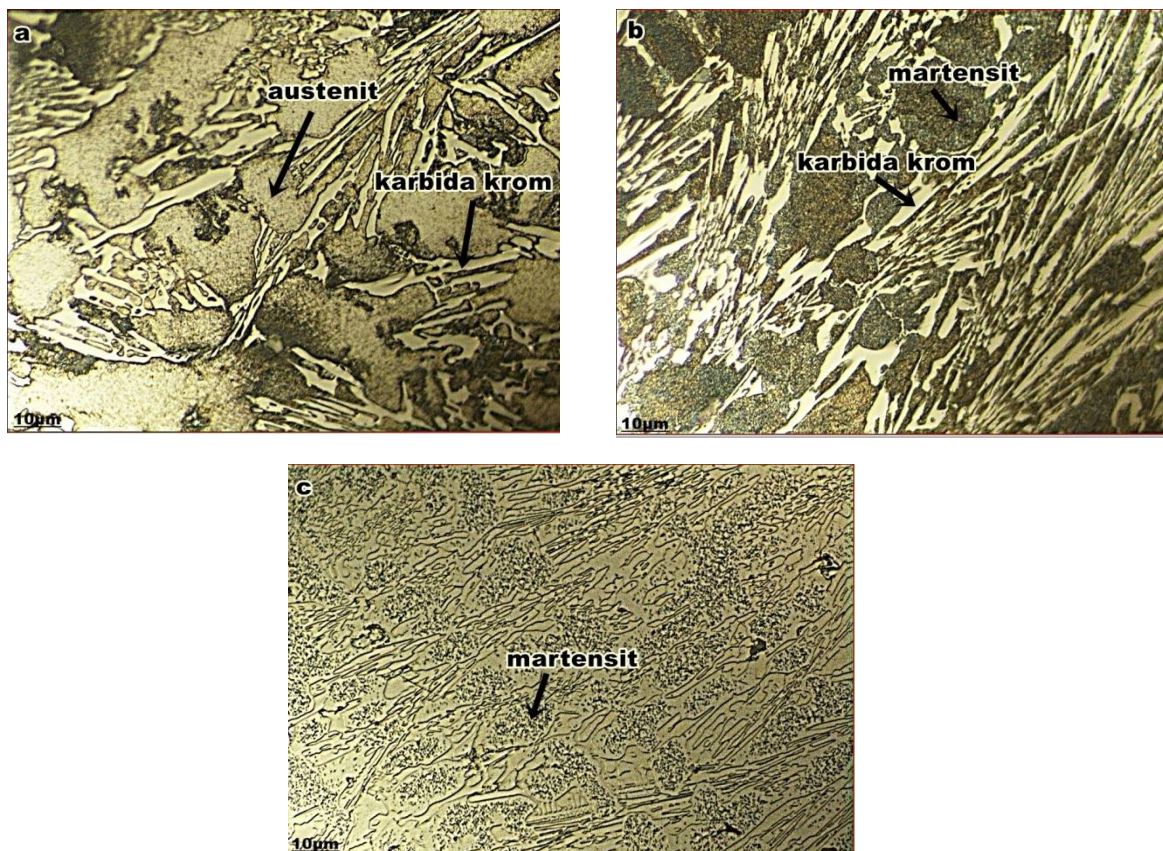
Sementara kandungan unsur Ni yang mencapai lebih dari 3% maka akan memberikan efek tahan terhadap korosi dan oksida pada material tersebut [5] dan unsur Mo yang mencapai lebih dari 2% ini menyebabkan terbentuknya Mo<sub>2</sub>C pada struktur mikro besi cor putih paduan kromium tinggi seperti pada **Gambar 1** dengan nilai kekerasan sebesar 47,3 HRC (456 HBN). Selain karena hadirnya unsur Mo<sub>2</sub>C besarnya nilai kekerasan juga dipengaruhi oleh hadirnya unsur karbida kromium.

**Tabel 1.** Hasil pengujian komposisi kimia bola gerus

Unsur	C	Si	Ni	Fe	Mo	Cr
%Berat	2,3	1,24	3,03	74,4	2,12	14,3



Gambar 1. Struktur mikro besi cor putih sebelum perlakuan.



Gambar 2. Struktur mikro bola gerus dengan udara paksa variasi suhu austenisasi (a) sub-kritis, (b) 850°C dan (c) 950°C

Setelah perlakuan panas berupa sub-kritis maka struktur yang terbentuk adalah perlit (paduan antara ferit dan sementit) dan karbida kromium. Pada **Gambar 2a** terjadi pembentukan ferit yang meningkat setelah perlakuan panas ini hal ini ditandai dengan semakin banyaknya struktur berwarna gelap terang pada permukaan struktur mikro tersebut dengan sifat ferit yang ulet maka ini akan berdampak pada nilai kekerasan

besi cor putih paduan kromium tinggi yang mengalami penurunan kekerasan yaitu sebesar 38,7 HRC. **Gambar 2b** memperlihatkan partumbuhan karbida yang memanjang dengan martensit semakin banyak terlihat pada matrik pada suhu mencapai 850°C. Kemudian perbedaan terlihat pada **Gambar 2c** yang menunjukkan ukuran butir yang semakin kecil dan tersebar pada matrik tersebut yang

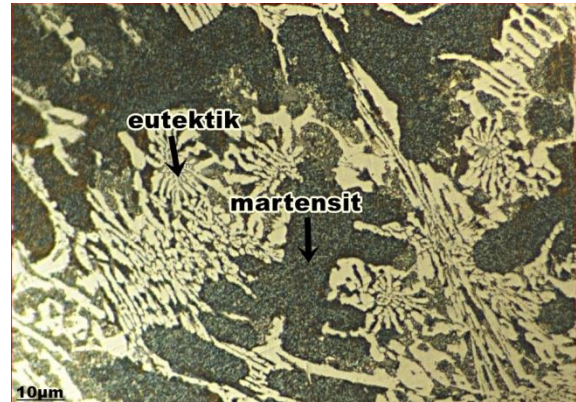
menyebabkan terjadinya peningkatan nilai kekerasan pada material tersebut.

Penurunan setelah suhu mencapai 1000°C hal ini dikarenakan terjadinya kelarutan karbon pada matrik akibat terlalu tinggi suhu yang diberikan. peningkatan suhu mencapai lebih dari 1000°C dengan penahanan selama 6 jam maka akan terjadi penurunan unsur kromium sehingga sangat mempengaruhi nilai kekerasan material tersebut [6].

Nilai kekerasan yang dimiliki oleh material yang diberikan pada suhu austenisasi 850°C adalah sebesar 64,7 HRC (695 HBN). Kemudian mengalami peningkatan kekerasan pada suhu 950°C sebesar 68,3 HRC (746 HBN) ini sesuai dengan pernyataan yang dikemukakan oleh Guzik *et al* [7] untuk material besi cor nilai kekerasan optimum pada saat diberikan perlakuan panas berada pada temperatur 950°C. Tingginya nilai kekerasan dipengaruhi oleh kehadiran austenit yang rendah dengan penampakan karbida sekunder yang halus [8].

Eutektik dalam struktur mikro pada **Gambar 3** tersebut memberikan sifat ketahanan aus yang tinggi pada bola gerus hal ini yang menyebabkan nilai ketahanan aus yang diperoleh material bola gerus ini sebesar 0,03 gr bola gerus/kg produk. Hasil ini lebih baik jika dibandingkan dengan nilai ketahanan aus yang dimiliki oleh produuk asal China dan India sebesar 1,19 dan 0,19 gr bola gerus/kg produk [9].

Ini sesuai dengan pernyataan Wiengmoon *et al* [10] bahwa ketahanan abrasi dan sifat mekanik dari besi cor putih paduan kromium tinggi di peroleh dengan kehadiran eutektik dan presipitasi karbida dalam mikrostruktur terdapat karbida eutektik. Namun dengan nilai kekerasan yang dimiliki setelah proses *tempering* yang lebih rendah dari kekerasan pada saat diberikan perlakuan austenisasi material ini tetap dapat memberikan nilai ketahanan aus yang baik.



**Gambar 3.** Struktur mikro bola gerus setelah *tempering* pada temperatur austenisasi suhu 850°C.

Kemungkinan hal ini dikarenakan terjadinya keadaan *wear induced martensite* sehingga menyebabkan terbentuknya martensit atau menyebabkan permukaan material lebih keras dari bagian pusat bola dari produk bola gerus tersebut [11].

## KESIMPULAN

Dari hasil penelitian mengenai pengaruh variasi suhu austenisasi terhadap material besi cor putih paduan kromium tinggi terhadap bola gerus maka dapat disimpulkan bahwa nilai kekerasan mengalami penurunan setelah perlakuan sub-kritis dan muncul struktur Mo<sub>2</sub>C dengan nilai kekerasan optimum diperoleh sebesar 68,3 HRC (746 HBN) pada suhu austenisasi 950°C dengan menggunakan udara paksa hal ini disebabkan hadirnya unsur martensit yang tersebar merata pada matrik.

Penurunan kekerasan terjadi pada suhu austenisasi 1050°C dengan penampakan karbida krom yang semakin kasar. Paduan unsur kromium dan molybdenum dan nikel mampu memberikan nilai ketahanan aus yang baik pada bola gerus ketika nilai kekerasan yang di peroleh pada saat *tempering* mengalami penurunan yang signifikan selain itu hal ini juga kemungkinan disebabkan terjadinya fenomena *wear induced martensite*.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Balai Penelitian Teknologi Mineral Lipi Lampung yang telah membiayai penelitian yang telah dilakukan serta pembimbing dalam menyelesaikan penelitian.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Ortega-Cubillos, P. A. Nannetti-Bernardini, M. Celso-Fredel, and R. A. Campos, "Wear resistance of high chromium white cast iron for coal grinding rolls," *Rev. Fac. Ing.*, 2015.
- [2] Y. Matsubara, N. Sasaguri, K. Shimizu, and S. Kon Yu, "Solidification and abrasion wear of white cast irons alloyed with 20% carbide forming elements," *Wear*, 2001.
- [3] Ratna Kartikasari, R Soekrisno, and M Noer Ilman, "Karakterisasi Ball Mill Import pada Industri Semen di Indonesia," *J. Tek. Mesin*, 2007.
- [4] N. I. Nasir, "Effect of Heat Treatment On The Mechanical Properties of Stainless Steel Type 304," *Inter-national J. Scientific Eng. Res.*, vol. 3, pp. 87–93, 2015.
- [5] T. V Rajan, C. P. Sharma, and A. Sharma, *Heat Treatment: Principles and Techniques*. New Delhi: Prentice-Hall of India, 1994.
- [6] A. E. Karantzalis, A. Lekatou, and H. Mavros, "Microstructural Modifications of As-Cast High-Chromium White Iron by Heat Treatment," *J. Mater. Eng. Perform.*, 2009.
- [7] D. Kopycinski, E. Guzik, D. Siekaniec, and A. Szczesny, "Analysis of the high chromium cast iron microstructure after the heat treatment," *Arch. Foundry Eng.*, 2014.
- [8] F. Nurjaman, W. Riansyah, and B. Suharno, "Pengaruh Temperatur Austenisasi terhadap Karakteristik High Chromium White Cast Iron Dengan Perlakuan Sub-Zero (Cryogenic)," *Pros. Semin. Ilmu Penge-tahuan Tek.*, vol. 2, pp. 65–70, 2012.
- [9] F. Nurjaman, B. Suharno, W. Astuti, and M. Aryati, "Karakteristik Grinding Ball Impor Asal India dan China," *Pros. SENAMM*, vol. V, pp. 78–84, 2012.
- [10] A. Wiengmoon, J. T. H. Pearce, and T. Chairuang Sri, "Relationship between microstructure, hardness and corrosion resistance in 20 wt.%Cr, 27 wt.%Cr and 36 wt.%Cr high chromium cast irons," *Mater. Chem. Phys.*, 2011.
- [11] A. Sinatora, M. Pohl, and E. U. Waldherr, "Wear Induced Martensite In High Chromium Cast Iron," *Scr. Metall. Mater.*, vol. 32, no. 6, pp. 857–861, 1995.

Imaniar dkk: Pengaruh Temperatur Austenisasi terhadap Struktur Mikro dan Nilai Kekerasan Material  
14%Cr-3%Ni-2%Mo-2%C untuk Aplikasi Bola Gerus