

Pengaruh Kuat Medan Magnet Terhadap *Shrinkage* dalam Pengecoran Besi Cor Kelabu (Gray Cast Iron)

*Yusuf Umardani^a, Yurianto^a, Rezka Dwima Kusumaharja^b

^aDosen Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

^bMahasiswa Program Studi S-1, Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

*E-mail: umardaniyusuf@yahoo.com

Abstrak

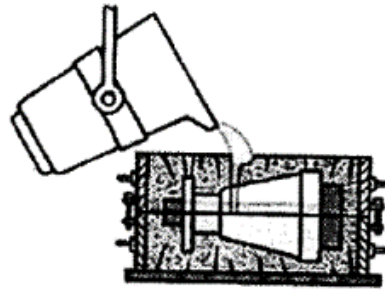
Besi cor kelabu merupakan paduan antara baja dan karbon dengan kandungan karbon sekitar 2.5 – 4.0% sehingga memiliki sifat keuletannya rendah, tidak dapat ditempa, tidak dapat di rol dan tidak dapat ditarik. Proses pembentukan logam yang umum digunakan untuk besi cor kelabu adalah proses pengecoran (*casting*). Dalam proses pengecoran, kecepatan pendinginan cor (solidifikasi) dapat mempengaruhi sifatnya, kualitas dan struktur mikrografi. Umumnya logam akan mengalami penyusutan saat dalam proses pendinginan, pada besi murni penyusutan yang terjadi antara 3 – 8%. Penyusutan dapat menyebabkan perubahan terhadap dimensi produk pengecoran secara permanen dan dapat mengurangi sifat mekanis serta kualitas dari produk tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kuat medan magnet pada proses pembentukan pengecoran besi cor kelabu dengan metode pemberian kuat medan magnet di dalam rongga cetakan dan magnet yang digunakan adalah magnet permanen jenis Neodymium (NdFeB). Kuat medan magnet akan mengurangi cacat penyusutan (*shrinkage*), mempengaruhi proses pembentukan struktur mikro dan sifat mekanis dari produk hasil pengecoran. Material yang diuji adalah besi cor kelabu dengan kuat medan magnet 31.93 μT (1 magnet) dan 84.57 μT (2 magnet) serta dengan variasi temperatur 1255 °C dan 1404 °C. Perbandingan kekerasan antara spesimen hasil pengecoran tanpa perlakuan dan dengan kuat medan magnet meningkat hingga 30%, yaitu dari 237 HB menjadi 345.6 HB (temperatur tuang 1255 °C dan perlakuan 2 magnet). Hasil pengujian mikrografi tanpa etsa menunjukkan pengaruh kuat medan magnet dapat membuat stabil tipe grafit besi cor kelabu pada dua titik awal pengujian.

Kata kunci: Besi Cor Kelabu, Magnet Neodymium, Cacat Penyusutan

1. Pendahuluan

Salah satu proses pengolahan logam yang umum digunakan dalam bidang industri logam adalah proses pengecoran. Proses pengecoran (*casting*) adalah suatu proses penuangan materi cair seperti logam atau plastik yang dimasukkan ke dalam cetakan, kemudian dibiarkan membeku di dalam cetakan tersebut, dan kemudian dikeluarkan atau dipecah-pecah untuk dijadikan suatu komponen. Pengecoran digunakan untuk membentuk logam dalam kondisi panas sesuai dengan bentuk cetakan yang telah dibuat. Bahan logam besi yang diolah untuk dijadikan besi cor pada dasarnya adalah paduan antara besi (Fe) dan zat arang (C), dengan kandungan karbon yang terikat pada paduan tersebut lebih tinggi sekitar 2.5 – 4.0 %. Besi cor mempunyai sifat antara lain, keuletannya rendah, tidak dapat ditempa, tidak dapat di rol, tidak dapat ditarik, dan lain-lain. Satu-satunya proses pembuatannya adalah dengan proses pengecoran. Walaupun kekuatan dan keuletan lebih rendah dibanding dengan baja, tetapi penggunaan besi tuang tersebut cukup banyak, karena proses pengolahannya lebih mudah dan mempunyai sifat khusus yang berguna untuk hal-hal tertentu [1]. Contoh proses pengecoran logam dapat dilihat pada Gambar 1.

Dalam proses pengecoran, kecepatan pendinginan cor (solidifikasi) dapat mempengaruhi sifat, kualitas dan struktur mikrografi. Umumnya logam akan mengalami penyusutan saat dalam proses pendinginan, pada besi murni penyusutan yang terjadi antara 3 – 8%. Salah satu metode untuk mengurangi resiko terjadinya cacat penyusutan adalah dengan cara menambahkan penambah yang berperan untuk mengimbangi penyusutan pada saat produk cor mengalami proses pendinginan [2]. Namun dalam praktiknya, volum penambah yang diperlukan untuk membuat suatu produk cor agar tidak mengalami penyusutan jauh lebih besar dibandingkan dengan volum produk benda cor tersebut, sehingga proses pembuatan suatu produk cor tersebut menjadi tidak ekonomis. Penyusutan dapat menyebabkan perubahan terhadap dimensi produk pengecoran secara permanen dan dapat mengurangi sifat mekanis serta kualitas dari produk tersebut [3]. Tujuan penelitian ini adalah untuk membandingkan *shrinkage* yang terjadi, struktur mikrografi dan nilai kekerasan besi cor kelabu hasil proses pengecoran tanpa perlakuan dan dengan perlakuan kuat medan magnet serta dengan variasi temperatur 1255°C dan 1404°C.

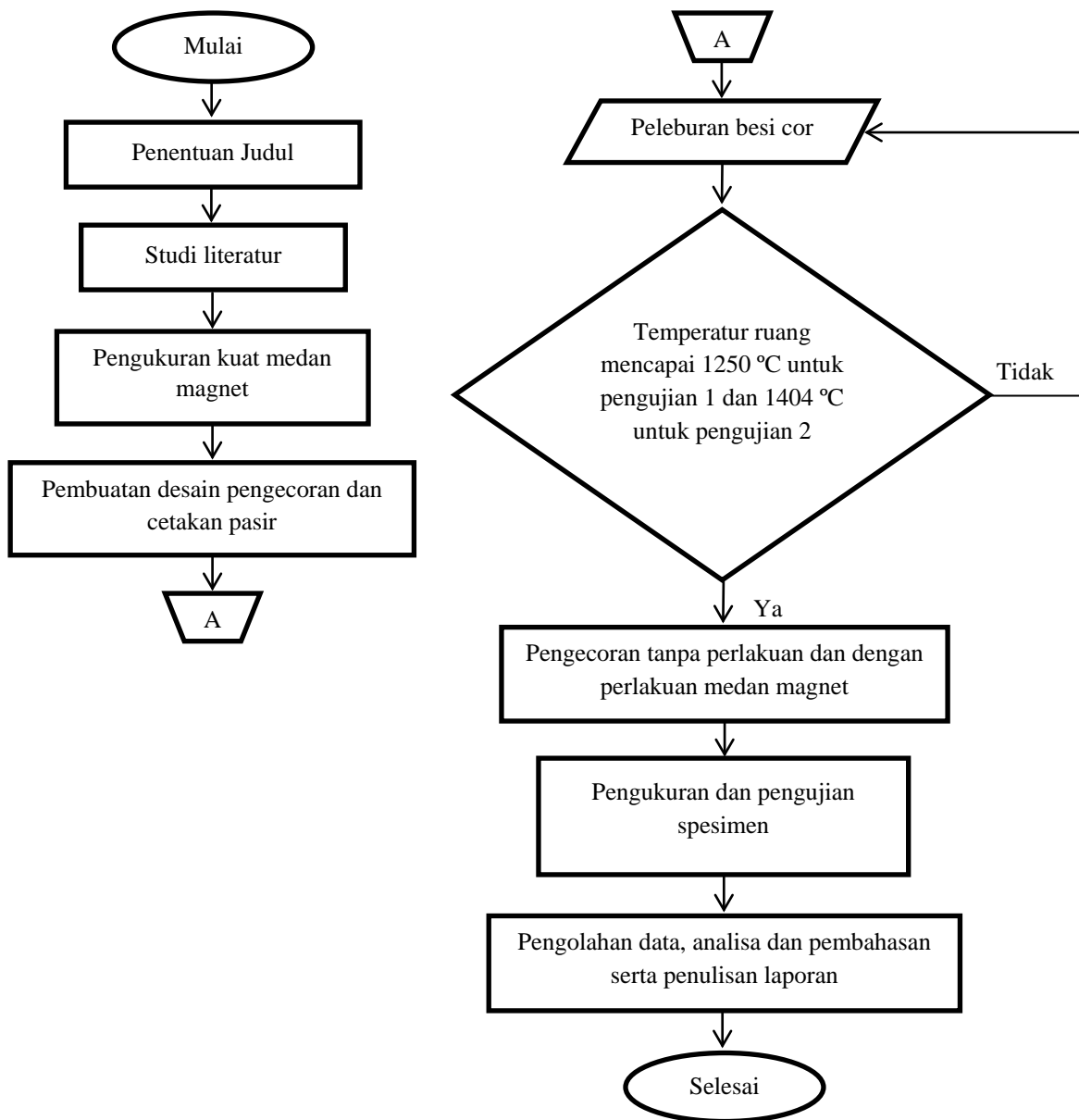


Gambar 1. Proses pengecoran logam [1].

2. Bahan dan metode penelitian

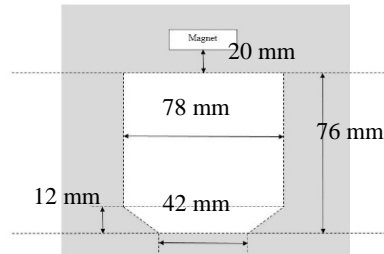
2.1. Diagram Alir Penelitian

Persiapan yang diperlukan antara lain, menyediakan magnet jenis Neodymium (NdFeB) berjumlah 6 buah (berbentuk balok dengan dimensi panjang 35 mm, lebar 15 mm dan tinggi 7 mm), pembuatan pola inti cetakan (dengan dimensi spesimen berbentuk silinder dan kerucut terpancung dibagian bawahnya), peleburan bahan baku besi cor kelabu menggunakan tungku induksi dan alat pengukur temperature *pyrometer*.



Gambar 2. Diagram alir penelitian.

Proses pengecoran dilakukan di industri pengecoran logam PT. Suyuti Sido Maju – Ceper – Klaten menggunakan tungku induksi dengan kapasitas ± 1000 kg/jam. Proses peleburan dilakukan hingga bahan baku besi cor kelabu mencair dan temperatur tungku mencapai sekitar 1500°C . Proses penuangan dilakukan ke dalam cetakan pasir tanpa perlakuan dan dengan perlakuan penambahan magnet (1 magnet dan 2 magnet) pada jarak 20 mm di atas rongga cetakan, dengan menggunakan kowi pengangkut dan dijaga temperatur tuang pada temperatur $\pm 1250^{\circ}\text{C}$ dan $\pm 1400^{\circ}\text{C}$. Spesimen hasil pengecoran Pengujian yang dilakukan meliputi uji cacat penyusutan (*shrinkage*), uji mikrografidan uji kekerasan.



Gambar 3. Skema pengecoran dengan penambahan magnet.

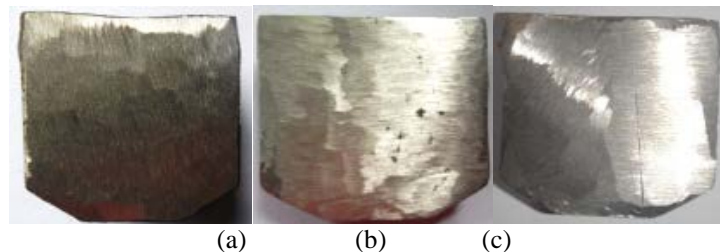
2.2 Material Pengujian

Bahan-bahan yang dipakai dalam penelitian ini adalah besi cor kelabu sebagai bahan baku pembuatan spesimen, pasir silika (SiO_2) sebagai bahan dasar cetakan, bentonit digunakan sebagai bahan pengikat pasir silika dan plastisin digunakan sebagai media pengukuran cacat penyusutan (*shrinkage*).

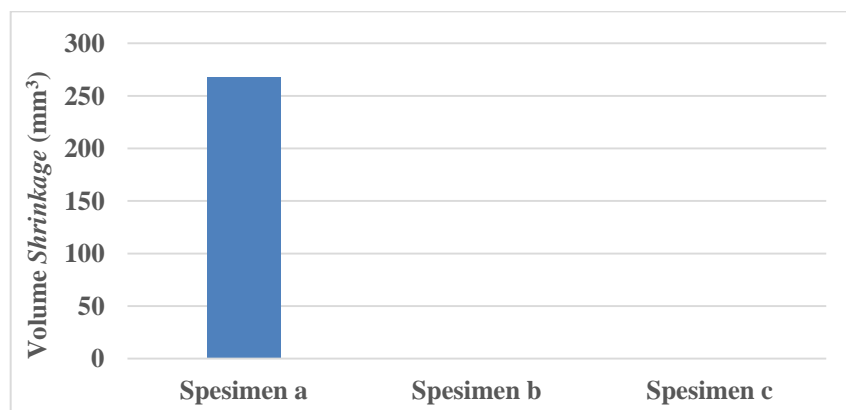
3. Hasil dan pembahasan

3.1 Hasil Pengujian *Shrinkage*

Analisa pengukuran *shrinkage* pada spesimen uji dengan temperatur tuang 1255°C didapatkan diameter bola plastisin untuk spesimen uji tanpa perlakuan, dengan penambahan satu buah magnet dan dengan penambahan dua buah magnet. Diameter bola plastisin masing-masing variasi perlakuan spesimen yang didapatkan adalah 8 mm (volum 268.1 mm^3), 0 (volum 0 mm^3) dan 0 (volum 0 mm^3). Dari data hasil pengukuran diameter bola plastisin tersebut didapatkan volum *shrinkage* untuk masing-masing spesimen uji. Sebagai penjelasan lebih lanjut, irisan spesimen yang dihasilkan ditampilkan pada Gambar 4 dan grafik pengaruh penambahan jumlah magnet dengan *shrinkage* untuk temperatur tuang 1255°C ditampilkan pada Gambar 5.

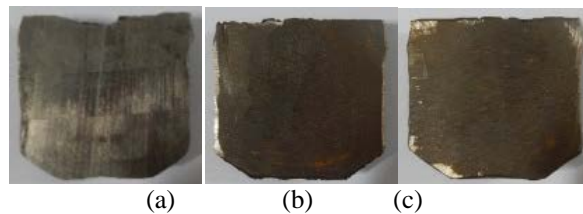


Gambar 4. Irisan spesimen (a) tanpa perlakuan, (b) penambahan satu buah magnet dan (c) penambahan dua buah magnet.

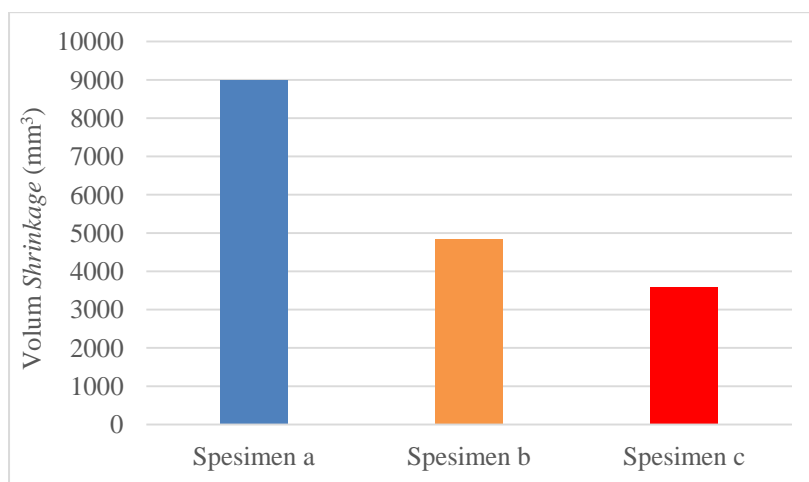


Gambar 5. Grafik pengaruh penambahan jumlah magnet dengan *shrinkage* untuk temperatur tuang 1255°C .

Analisa pengukuran *shrinkage* pada spesimen uji dengan temperatur tuang 1404°C didapatkan diameter bola plastisin untuk spesimen uji tanpa perlakuan, dengan penambahan satu buah magnet dan dengan penambahan dua buah magnet. Diameter bola plastisin masing-masing variasi perlakuan spesimen yang didapatkan adalah 25.8 mm (volum 8992 mm³), 21 mm (volum 4849 mm³) dan 19 mm (volum 3591 mm³). Dari data hasil pengukuran diameter bola plastisin tersebut didapatkan volum *shrinkage* untuk masing-masing spesimen uji. Sebagai penjelasan lebih lanjut, irisan spesimen yang dihasilkan ditampilkan pada Gambar 6 grafik pengaruh penambahan jumlah magnet dengan *shrinkage* untuk temperatur tuang 1404 °C ditampilkan pada Gambar 7.



Gambar 6. Irisan spesimen (a) tanpa perlakuan, (b) penambahan satu buah magnet dan (c) penambahan dua buah magnet.



Gambar 7. Grafik pengaruh penambahan jumlah magnet dengan *shrinkage* untuk temperatur tuang 1404 °C.

3.2 Hasil Pengujian Mikrografi

Pengujian struktur mikro spesimen uji dengan perbesaran 200x tanpa etsa bertujuan untuk melihat bentuk dan distribusi tipe grafit pada spesimen uji dari besi cor kelabu hasil pengecoran dengan perlakuan penambahan medan magnet dan tanpa perlakuan penambahan medan magnet. Distribusi grafit pada temperatur tuang 1255°C dan 1404°C ditunjukkan oleh Tabel 1. Keterangan spesimen 1 tanpa perlakuan, spesimen 2 dengan perlakuan penambahan batangan besi, spesimen 3 dengan perlakuan penambahan 1 magnet dan spesimen 4 dengan perlakuan penambahan 2 magnet

Tabel 1. Data hasil pengujian struktur mikrografi tanpa etsa.

		Jarak pengujian	
		10 mm	20 mm
Temperatur tuang 1255 °C	1	Tipe C	Tipe B
	2	Tipe A	Tipe A
	3	Tipe A	Tipe A

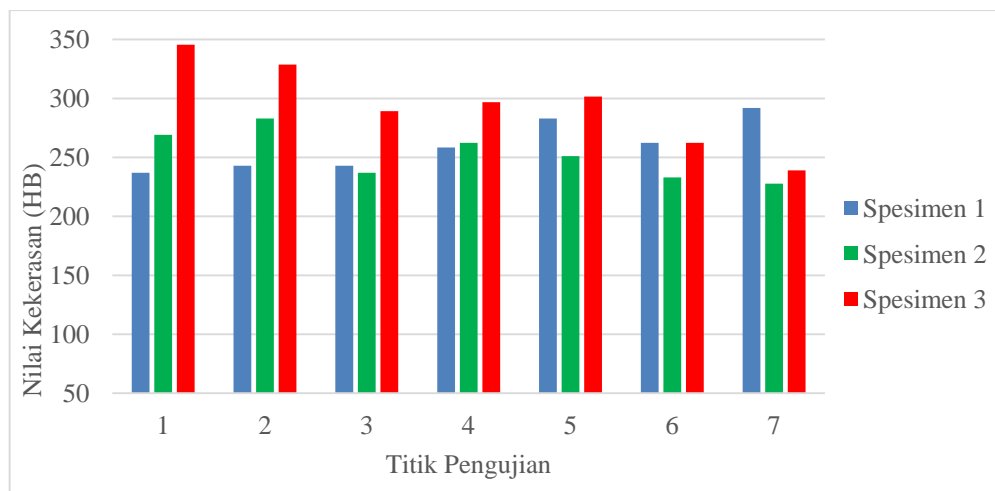
Temperatur tuang 1404 °C	1		
	2		
	3		

Perubahan distribusi tipe grafit pada jarak pengamatan 10 mm dan 20 mm untuk spesimen 2 dan 3 memiliki tipe grafit yang stabil, jarak pengamatan 10 mm untuk spesimen 2 (dengan perlakuan penambahan 1 magnet) memiliki kuat medan magnet sebesar 31.93 μT dan spesimen 3 (dengan perlakuan penambahan 2 magnet) memiliki kuat medan magnet sebesar 84.57 μT , jarak pengamatan 20 mm untuk spesimen 2 (dengan perlakuan penambahan 1 magnet) memiliki kuat medan magnet sebesar 25.50 μT dan spesimen 3 (dengan perlakuan penambahan 2 magnet) memiliki kuat medan magnet sebesar 81.03 μT . Pada jarak pengamatan 10 mm dengan temperatur tuang 1255 °C, spesimen 1 (tanpa perlakuan) memiliki grafit tipe C dengan serpihan grafit yang saling menumpuk dengan orientasi sebarang, grafit yang menumpuk akan mengakibatkan ferit sangat mudah mengendap dan membuat sifat mekanis dari besi cor menjadi rapuh. Spesimen 2 (dengan perlakuan penambahan 1 magnet) dan spesimen 3 (dengan perlakuan penambahan 2 magnet) memiliki grafit tipe A dengan serpihan grafit yang terbagi rata dan orientasinya sebarang, potongan grafit yang bengkok memberikan kekuatan yang tertinggi pada besi cor. Untuk temperatur tuang 1404 °C pada jarak pengamatan 10 mm, spesimen 1 (tanpa perlakuan) memiliki grafit tipe C. Spesimen 2 (dengan perlakuan penambahan 1 magnet) memiliki grafit tipe B dengan kelompok grafit berbentuk *rosette* yang berupa potongan grafit halus ditengah dengan serpih-serpih grafit radial di sekitarnya, grafit tipe ini muncul bersama grafit tipe A dan memiliki kandungan karbon yang tinggi karena banyak pengendapan grafit, sehingga strukturnya menjadi lemah dan bagian tengahnya terkadang retak serta bisa jatuh oleh gaya potong pada waktu dikerjakan dengan mesin. Spesimen 3 memiliki grafit tipe A.

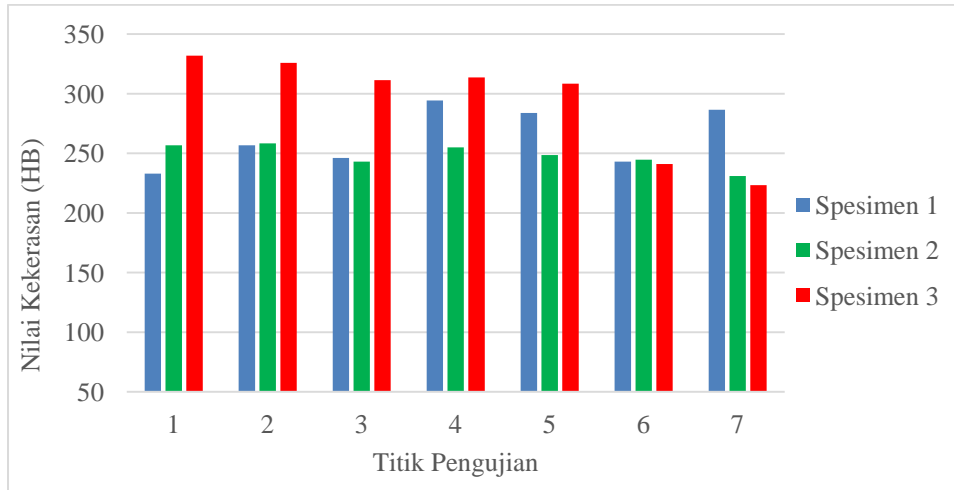
Pada jarak pengamatan 20 mm dengan temperatur tuang 1255 °C, spesimen 1 (tanpa perlakuan) memiliki grafit tipe B. Spesimen 2 (dengan perlakuan penambahan 1 magnet) dan spesimen 3 (dengan perlakuan penambahan 2 magnet) memiliki grafit tipe A. Untuk temperatur tuang 1404 °C pada titik 1, spesimen 1 (tanpa perlakuan) memiliki grafit tipe B. Spesimen 2 (dengan perlakuan penambahan 1 magnet) memiliki grafit tipe A. Spesimen 3 memiliki grafit tipe B.

3.3 Hasil Pengujian Kekerasan

Dari data hasil pengujian kekerasan dengan temperatur tuang 1255 °C didapatkan nilai kekerasan spesimen uji besi cor kelabu terbesar terdapat pada titik 1 dan radius pengujian 0 dengan perlakuan penambahan 2 magnet (spesimen 3) dan memiliki nilai kekerasan sebesar 345.6 HB atau mengalami kenaikan $\pm 30\%$ dari nilai kekerasan pada spesimen uji tanpa perlakuan pada titik yang sama sebesar 237 HB. Sebagai penjelasan lebih lanjut data yang dihasilkan dapat ditampilkan dalam bentuk grafik pada Gambar 8 untuk radius 0 dan Gambar 9 untuk radius 20 mm.

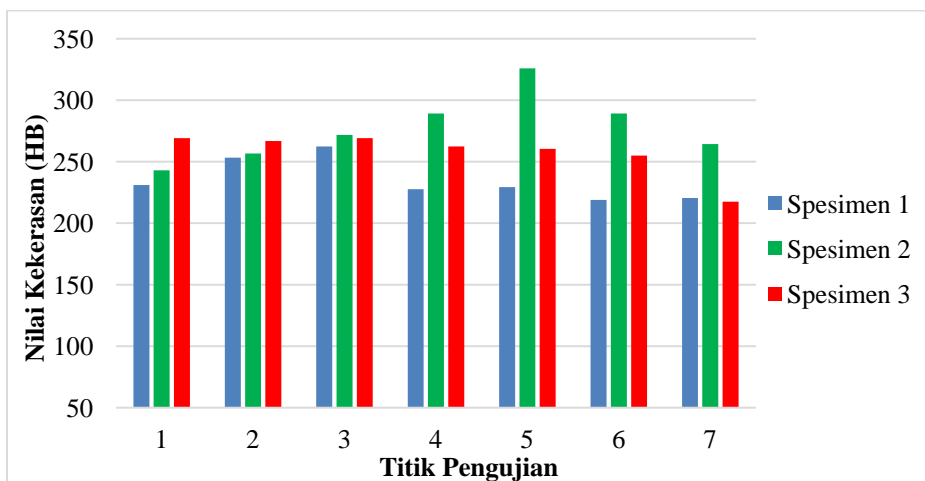


Gambar 8. Grafik perbandingan nilai kekerasan spesimen uji pada temperatur tuang 1255 °C dan radius 0.

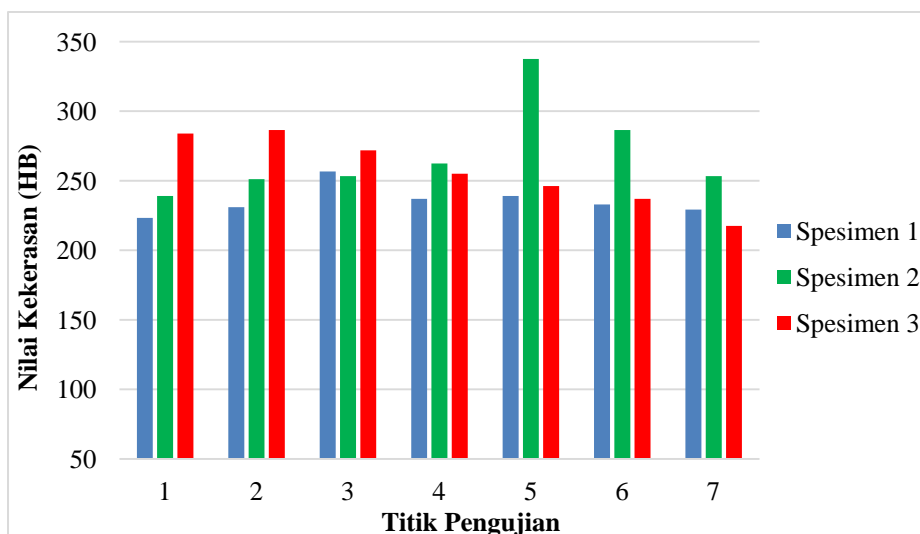


Gambar 9. Grafik perbandingan nilai kekerasan spesimen uji pada temperatur tuang 1255 °C dan radius 20 mm.

Dari data hasil pengujian kekerasan dengan temperatur tuang 1404 °C didapatkan nilai kekerasan spesimen uji besi cor kelabu terbesar terdapat pada titik 5 dan radius pengujian 20 mm dengan perlakuan penambahan 1 magnet (spesimen 2) dan memiliki nilai kekerasan sebesar 337.6 HB atau mengalami kenaikan $\pm 30\%$ dari nilai kekerasan pada spesimen uji tanpa perlakuan pada titik yang sama sebesar 239 HB. Sebagai penjelasan lebih lanjut data yang dihasilkan dapat ditampilkan dalam bentuk grafik pada Gambar 10 untuk radius 0 dan Gambar 11 untuk radius 20 mm.



Gambar 10. Grafik perbandingan nilai kekerasan spesimen uji pada temperatur tuang 1404 °C dan radius 0.



Gambar 11. Grafik perbandingan nilai kekerasan spesimen uji pada temperatur tuang 1404 °C dan radius 20 mm.

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa penambahan kuat medan magnet pada proses pengecoran besi cor kelabu dapat mengurangi resiko terjadinya *shrinkage* (cacat penyusutan). Penurunan resiko terjadinya *shrinkage* berbanding lurus dengan jumlah magnet yang digunakan dalam proses pengecoran. Pada penelitian ini pengaruh penambahan magnet terlihat pada spesimen uji dengan temperatur tuang 1404 °C. Spesimen 1 (tanpa perlakuan) memiliki volum *shrinkage* sebesar 8992 mm³, spesimen 2 (dengan perlakuan penambahan 1 magnet) memiliki volum *shrinkage* sebesar 4849 mm³ dan spesimen 3 (dengan perlakuan penambahan 2 magnet) memiliki volum *shrinkage* sebesar 3591 mm³. Pengaruh penambahan kuat medan magnet terhadap pembentukan struktur mikro spesimen uji dengan bahan besi cor kelabu memiliki tipe grafit yang stabil pada jarak pengamatan 10 mm dan 20 mm, yaitu grafit tipe A dan tipe B. Grafit tipe A dan tipe B banyak dijumpai pada besi cor kelas tinggi karena memiliki matrik perlit dan ukuran grafit yang cocok. Serta penambahan kuat medan magnet berpengaruh pula terhadap nilai kekerasan besi cor kelabu, yakni dapat meningkatkan nilai kekerasan spesimen uji hingga mencapai $\pm 30\%$ pada titik 1 dan radius 0 spesimen 3 (dengan perlakuan penambahan 2 magnet) dengan temperatur tuang 1255 °C serta pada titik 5 dan radius 0 spesimen 2 (dengan perlakuan penambahan 1 magnet) dengan temperatur tuang 1404 °C. Secara garis besar, sifat mekanis spesimen uji dengan perlakuan penambahan medan magnet mengalami peningkatan nilai kekerasan. Sehingga diperoleh bahwa penambahan kuat medan magnet pada proses pengecoran besi cor kelabu dapat memperbaiki kualitas produk hasil pengecoran tersebut.

Referensi

- [1] Daryanto. 2010. *Proses Pengolahan Besi dan Baja (Ilmu Metalurgi)*. Sarana Tutorial Nurani. Bandung.
- [2] ASM Handbook. 1988. *Volume 15 : Casting*. ASM International.
- [3] Li, B.Q. 1998. *Solidification Processing of Materials in Magnetic Fields*. Journal of Metals. Vol. 50. No. 2.