

Analisa Jenis Fluida Pendingin Proses *Quenching* pada Besi Cor Terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro

Nugroho Tri Atmoko^a, Margono^a, Bambang Hari Priyambodo^{a,*}

^aProgram Studi Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi Warga

Jl. Raya Solo-Baki Km.2 Kwarasan, Solo Baru, Sukoharjo

*E-mail: bambang.hari.priyambodo@gmail.com

Abstract

The quenching process is a method of heat treatment metals by heating the material at the austenite phase, then cooling it rapidly. The purpose of the quenching process in this study is to improve the mechanical properties of hardness and physical properties. Furnace is used in this research as a tool to heat the material. The furnace temperature set 8500°C (austenite phase) and holding time at 20 minutes, then cooled rapidly using cooling fluids as water, ice water and oil. Micro characteristics were carried out to determine the structure and grain size after that to determine the mechanical properties the vickers hardness test was carried out according to the ASTM E92 standard. The results show that the material structures seen are pearlite, ferrite and cementite. The structure and grain size tends to be smaller due to the fast cooling effect. The mechanical properties of hardness have also increased. The highest hardness was obtained in the cooling medium used ice water, namely 766.6 HV or an increase of about 350% compared to non treatment process. The increased level of hardness of cast iron is due to the smaller grain size according to Hall Petch's law where the smaller the grain size, the higher the hardness.

Keywords: cast iron, quenching, cooling media, microstructure, hardness.

Abstrak

Proses *quenching* merupakan salah satu metode perlakuan panas terhadap logam dengan cara memanaskan material pada fasa austenit, kemudian didinginkan secara cepat. Tujuan dari proses quenching pada penelitian ini adalah untuk meningkatkan sifat mekanik berupa kekerasan dan sifat fisis berupa struktur material. Furnace digunakan dalam penelitian ini sebagai alat untuk memanaskan material. Suhu furnace diatur pada temperatur 850°C (fase austenit) serta waktu tahan selama 20 menit, dilanjutkan didinginkan secara cepat menggunakan media pendingin berupa air, air es dan oli. Karakteristik mikro dilakukan untuk mengetahui struktur dan ukuran butir serta untuk mengetahui sifat mekanik dilakukan uji kekerasan vickers, sesuai standar ASTM E92. Hasil menunjukkan bahwa struktur material yang terlihat berupa pearlit, ferrit dan cementit. Struktur dan ukuran butir tersebut cenderung lebih kecil dikarenakan efek pendinginan yang cepat. Sifat mekanik berupa kekerasan juga mengalami peningkatan. Kekerasan tertinggi didapat ketika media pendingin yang digunakan air es yakni 766.6 HV atau meningkat sekitar 350% dibandingkan dengan besi cor *non treatment*. Meningkatnya tingkat kekerasan besi cor dikarenakan ukuran butir menjadi kecil sesuai dengan hukum Hall Petch dimana semakin kecil ukuran butir maka kekerasan semakin meningkat.

Kata kunci: besi cor, *quenching*, media pendingin, struktur mikro, kekerasan.

1. Pendahuluan

Besi cor merupakan material ferro yang dihasilkan dari proses pengecoran, material ini didominasi oleh unsur besi dan karbon dimana kandungan karbon berkisar antara 2.16-6.67% yang menandakan bahwa lebih dari batas kelarutan karbon di fasa austenit dan kurang dari kandungan karbon pada fasa sementit [1]. Besi cor juga termasuk jenis material yang paling banyak digunakan sebagai bahan dasar pembuatan komponen mesin seperti roda gigi, *camshaft*, poros pemandu (*guides rails*) dan blok mesin (*engine block*) [2][3]. Dalam pengaplikasian komponen mesin tersebut sering menerima beban eksternal berupa gesekan yang berulang sehingga terdapat kriteria yang mengharuskan material besi cor memiliki ketahanan terhadap aus serta tingkat kekerasan yang tinggi, dengan demikian masa pakai dan kinerja dari komponen mesin dapat bekerja secara optimal [4].

Secara umum besi cor yang ada di pasaran terbentuk dari struktur pearlit dan ferrit yang menghasilkan sifat sangat lunak, lemah dan memiliki ketahanan aus yang rendah [5]. Berdasarkan kriteria diatas maka perlu adanya peningkatan sifat mekanik dari material besi cor. Perlakuan panas pada logam merupakan salah satu metode yang bertujuan untuk meningkatkan sifat mekanik, salah satunya dengan menggunakan metode *quenching*.

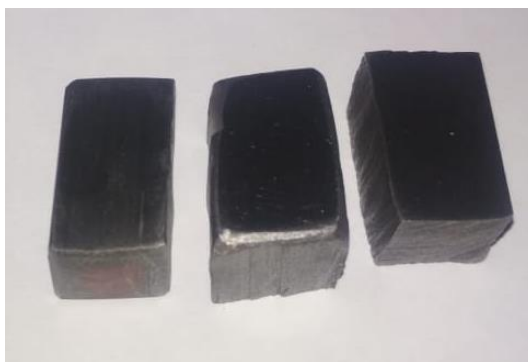
Tujuan *quenching* adalah untuk meningkatkan sifat mekanik berupa kekerasan dan ketahanan terhadap aus [5]. Proses *quenching* merupakan perlakuan panas paling umum dan sederhana yang digunakan dalam industri, dimana proses *quenching* tersebut dimulai dengan memanaskan spesimen di fasa austenit (austenitisasi) atau di atas suhu kritis yakni pada suhu kisaran 8450C sampai 8700C [6]. Setelah memastikan seluruh dimensi spesimen sudah dalam kondisi homogen pada fasa austenit, kemudian didinginkan secara cepat dengan menggunakan media pendingin [4].

Disisi lain terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi hasil dari *quenching* yaitu suhu, media pendingin dan waktu tahan (*holding time*) [7]. Berdasarkan hal tersebut maka perlu adanya penelitian yang berfokus pada peningkatan sifat mekanik material besi cor menggunakan metode *quenching* dengan memvariasikan media pendinginnya. Hal tersebut bertujuan untuk menginvestigasi pengaruh media pendingin pada proses *quenching* terhadap kekerasan dan struktur mikro besi cor.

2. Material dan Metode Penelitian

2.1 Preparasi Spesimen

Material besi cor digunakan dalam penelitian ini. Preparasi dimulai dengan memotong spesimen menjadi ukuran 20x10x10 mm, kemudian dilakukan proses pengamplasan menggunakan kertas amplas yang bertujuan agar permukaan spesimen rata dan halus.



Gambar 1. Spesimen Besi Cor

2.2 Proses *Quenching*

Proses *quenching* pada spesimen besi cor memanfaatkan *furnace* sebagai alat untuk memanaskan material. Sedangkan variasi yang digunakan yakni media pendingin diantaranya air, air es dan oli. *Furnace* diatur pada temperatur 850⁰C serta waktu tahan selama 20 menit. Material besi cor yang sudah mencapai temperatur 850⁰C dan waktu tahan 20 menit kemudian didinginkan secara cepat menggunakan media pendingin yang sudah ditentukan. Semua variasi media pendingin menggunakan volume yang sama yakni 5 Liter.

2.3 Uji Foto Mikro

Uji foto mikro bertujuan untuk mengetahui struktur material dengan skala mikro pada spesimen besi cor setelah dan sebelum proses *quenching*. Preparasi yang dilakukan meliputi pengamplasan menggunakan kertas amplas dari *grid* 500 sampai 2000, *finishing* menggunakan metal *polish* hingga spesimen mengkilap kemudian dilanjut proses etsa yang bertujuan untuk membersihkan serta mengkorosi pada bagian batas butir spesimen uji. Perbesaran yang digunakan pada pengujian foto mikro ini sebesar 1000x.

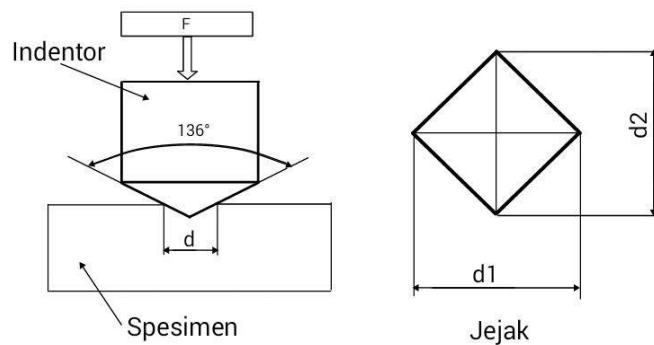
2.4 Uji Kekerasan

Metode *Vickers* dilakukan sesuai dengan ASTM E92, untuk menguji tingkat kekerasan spesimen besi cor sebelum dan setelah proses *quenching*. Beban indenter yang digunakan adalah 9.8 N dengan waktu indentasi selama 15 detik. Pengambilan data kekerasan dilakukan sebanyak 3 kali. Analisa dilakukan pada bekas injakan dari indenter yang terbentuk pada permukaan spesimen uji. Pengujian kekerasan dilakukan untuk menganalisa dan membandingkan kekerasan antara spesimen sebelum dan sesudah proses *quenching*. Formulasi untuk menghitung nilai kekerasan metode *Vickers* adalah sebagai berikut [8]:

$$\text{VHN} = 1,854 \times \frac{P}{d^2} \quad (1)$$

dimana :

P = beban yang diterapkan (kg)
d² = panjang diagonal rata-rata (mm)

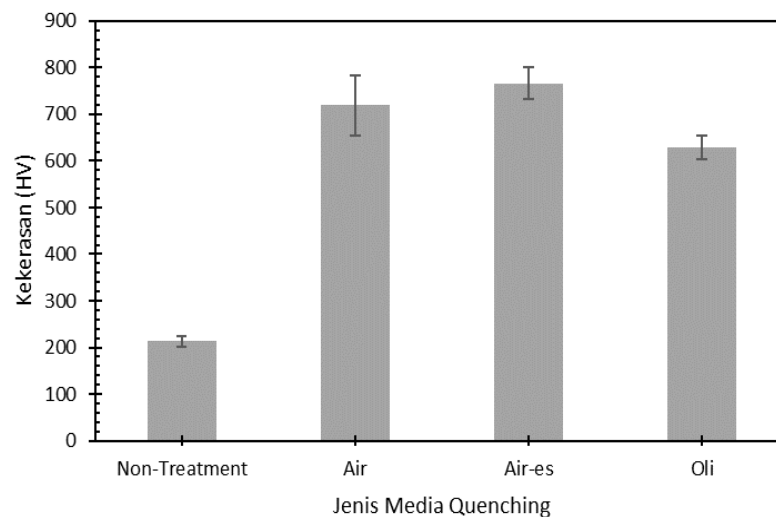


Gambar 2.1 Skema pengujian kekerasan vickers [8]

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Uji Kekerasan

Proses pengujian kekerasan Vickers bertujuan untuk mengetahui tingkat kekerasan rata-rata pada material sebelum dan sesudah mengalami proses *quenching*. Gambar 4. merupakan hasil dari pengujian kekerasan yang dilakukan pada material sebelum dan sesudah proses *quenching* dengan variasi media pendingin diantaranya air, air es dan oli.



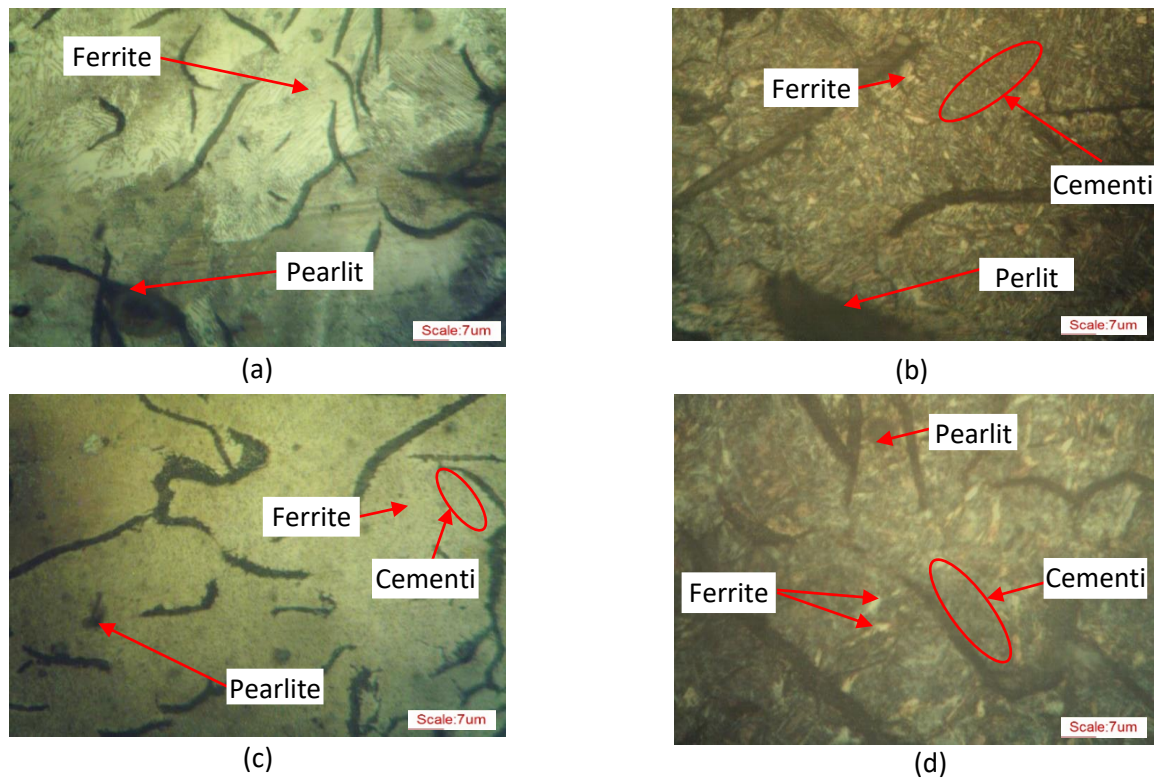
Gambar 3. Variasi jenis media *quenching* terhadap kekerasan material besi cor

Gambar 3. menyajikan data peningkatan antara material sebelum dan sesudah proses *quenching*, dimana material besi cor sebelum mengalami proses *quenching* menghasilkan kekerasan rata-rata 213 HV. Tingkat kekerasan material besi cor tersebut meningkat setelah dilakukan proses *quenching* menggunakan media pendingin air, dimana kekerasan rata-rata menjadi 719 HV. Kekerasan tertinggi didapat ketika media pendingin yang digunakan adalah air es yang menghasilkan kekerasan rata-rata 766 HV. Kekerasan spesimen yang dilakukan *quenching* dengan media oli lebih rendah dari ketiga media *quenching*. Media oli mempunyai viskositas yang lebih tinggi dibandingkan media air dan air es. Hal tersebut menyebabkan proses pendinginan cenderung lebih lambat dibandingkan media pendingin air dan air es.

Pendinginan yang cepat dapat merubah struktur material dan ukuran butir menjadi lebih kecil. Ukuran butir semakin kecil dapat meningkatkan kekerasan material. Fenomena ini sesuai dengan hukum *Hall petch (Hall petch law)*.

3.2 Hasil Uji Foto Mikro

Tujuan pengujian foto mikro adalah untuk menginvestigasi karakteristik dan struktur spesimen uji. Pengujian ini dilakukan pada permukaan spesimen yang sebelumnya sudah melalui proses preparasi. Pembesaran lensa foto mikro yang digunakan yaitu 1000x pembesaran. Hasil foto mikro pada material besi cor sebelum dan sesudah proses *quenching* dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Foto *micro* pada spesimen benda uji: (a) *non treatment*; (b) Air; (c) Air-es dan (d) Oli

Struktur material besi cor (*Non Treatment*) sebelum mengalami proses *quenching* dapat dilihat pada Gambar 4.a, terlihat struktur pearlit dan ferrit yang mendominasi menumpuk di satu titik. Struktur material penyusun besi cor tersebut menghasilkan sifat sangat lunak, lemah dan memiliki ketahanan aus yang rendah [5]. Namun setelah mengalami proses *quenching* struktur material cenderung berbeda terutama pada persebaran struktur dan ukuran butir (*grain size*), terlihat struktur material ferrit dan pearlit semakin menyebar rata hampir ke semua permukaan material. Terbentuknya struktur cementit diakibatkan oleh pendinginan yang cepat pada material besi cor yang telah mengalami proses *quenching*, sedangkan ukuran butir cenderung lebih kecil. Gambar 4. menyajikan struktur mikro masing-masing spesimen. Spesimen dengan pendinginan air es menghasilkan ukuran butir yang lebih kecil dan rapat jika dibandingkan media pendingin air atau oli. Ukuran butir (*grain size*) tersebut akan mempengaruhi sifat mekanik khususnya tingkat kekerasan sesuai dengan hukum *Hall peach (Hall peach law)* [9].

4. Kesimpulan

Berdasarkan analisa dan pembahasan yang sudah dilakukan, maka penelitian tentang *quenching* material besi cor dapat diperoleh kesimpulan bahwa besi cor setelah mengalami proses *quenching* akan terbentuk struktur material baru yakni cementit, ferrit, dan pearlit. Selain itu struktur material ferrit dan pearlit pada material besi cor setelah proses *quenching* semakin menyebar rata hampir ke semua permukaan material, sedangkan ukuran butir cenderung menjadi lebih kecil. Sifat mekanik berupa kekerasan mengalami peningkatan. Kekerasan tertinggi didapat dalam media pendingin yang digunakan air es yakni 766.6 HV atau meningkat sekitar 350% dibandingkan dengan besi cor *non treatment*.

Daftar Pustaka

- [1] Kibble, K.A., and Pearce, J.T.H., 1993, "Influence of Heat Treatment on the Microstructure and Hardness of 19% High-chromium Cast Irons," *Cast Met.*, 6(1): 9–15.
- [2] Saeidi, F., Taylor, A.A., Meylan, B., Hoffmann, P., and Wasmer, K., 2017, "Origin of scuffing in grey cast iron-steel tribo-system," *Mater. Des.*, 116: 622–630.
- [3] Eperješi, Malik, J., Vasková, I., and Fecko, D., 2015, "Increasing of utility properties of grey cast iron castings with heat treatment," *Arch. Foundry Eng.*, 15(2): 13–16.
- [4] Wang, B., 2020, "Effects of quench-tempering and laser hardening treatment on wear resistance of gray cast iron," *J. Mater. Res. Technol.*, 9(4): 8163–8171.
- [5] Vershinin, V.V., 1972, "Rapid heat treatment of cast iron," *Met. Sci. Heat Treat.*, 14(8): 717–720.
- [6] Alabi, A.A., Madakson, P.B., Yawas, D.S., and Ause, T., 2013, "Effect of Bitumen on the Mechanical Properties of Medium Carbon Steel," *J. Miner. Mater. Charact. Eng.*, 1(4): 131–137.

- [7] Prabowo, A.A., 2019, "*Pengaruh Media Pendingin pada Proses Quenching terhadap Kekerasan, Struktur Mikro, dan Kekuatan Bending Baja AISI 1010*".
- [8] Quinn, G.D., Gettings, R., and Ives, L.K., 2004, "*A standard reference material for vickers hardness of ceramics and Hardmetals,*" IMEKO TC5 Conf. Hardness Meas. Theory Appl. Lab. Ind. HARDMEKO 2004, February: 90–97,.
- [9] Callister, W.D., and Wiley, J., 2002, "*Materials Science and Engineering,*" 79.