

## Karakterisasi hasil *quenching* besi cor pada manufaktur roda gigi mesin tenun

Andika Wisnujati<sup>1\*</sup>, Mirza Yusuf<sup>2</sup>, Dhini Fatimah<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi D3 Teknologi Mesin, Program Vokasi, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta  
Jl. Brawijaya, Tamantirto, Kasihan, Bantul, DIY, Indonesia  
<sup>\*</sup>Corresponding author. [andikawisnujati@umy.ac.id](mailto:andikawisnujati@umy.ac.id)

### Abstract

*The development of science and technology today has a significant influence on technological development and advances in the industrial world. Casting is a product manufacturing technique in which the metal is melted in a furnace and then poured into a mold cavity that is similar to the original form of the cast product to be made. One of the results or products produced from the casting method in this study is a weaving gear component. The gear serves as a short distance power transmission based on the rotation ratio from the main shaft to the drive shaft. This study purpose to determine the effect of the quenching process with oil cooling media on cast iron material. The testing results reveal that the composition test results in 3.18% carbon content, such that the components in this gear manufacturing are used in cast iron, which essentially has the characteristics of being heat-resistant and brittle. It is also necessary to use it as a way of producing materials feeling the continuous impact. The brittling effect of quenching oil heat treatment improves the quality of the materials. It is observed from the research findings that use the Vickers hardness test that the quenching heat treatment shows a substantial difference in score. The highest Vickers hardness test score with quenching oil materials achieving a score of 427.84 VHN is seen. The test exhibits the maximum value of 378.18 VHN in raw materials.*

**Keywords:** Cast iron, quenching, chemical composition, Vickers hardness.

### Abstrak

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi saat ini memiliki pengaruh yang signifikan terhadap perkembangan teknologi dan kemajuan dunia industri. Pengecoran adalah suatu teknik pembuatan produk dimana logam dilebur di dalam tungku kemudian dituang ke dalam rongga cetakan yang mirip dengan bentuk asli produk cor yang akan dibuat. Salah satu hasil atau produk yang dihasilkan dari metode pengecoran pada penelitian ini adalah komponen roda gigi tenun. Roda gigi berfungsi sebagai transmisi tenaga jarak pendek berdasarkan rasio putaran dari poros utama ke poros penggerak. Hasil studi yang telah dilakukan pada pengujian komposisi kimia bahan didapatkan hasil 3,18% untuk nilai karbonnya, sehingga bahan tersebut termasuk kedalam material *cast iron* yang pada dasarnya memiliki sifat tahan panas dan getas, sehingga dapat digunakan sebagai bahan pembuatan roda gigi yang mengalami gaya gesek secara *continue*. Pengaruh dari perlakuan panas quenching oli memberikan efek bahan menjadi lebih getas. Dari hasil penelitian yang dilakukan dengan menggunakan uji kekerasan Vickers hasil dari perlakuan panas (*quenching*) menunjukkan nilai yang signifikan. Ditunjukkan dengan angka tertinggi hasil pengujian kekerasan Vickers material quenching oli mencapai angka 427,84 VHN sedangkan pada raw material uji menunjukkan angka tertinggi 378,18 VHN.

**Kata kunci:** Besi tuang, *quenching*, komposisi kimia, kekerasan Vickers.

### Pendahuluan

Seiring dengan berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi akhir-akhir ini mengakibatkan pengaruh yang begitu besar

bagi perkembangan teknologi di bidang industri. Perkembangan teknologi yang sangat pesat dan maju menyebabkan kebutuhan akan logam di berbagai bidang

semakin meningkat pesat. Semakin banyak kebutuhan terhadap material yang beraneka ragam telah memaksa manusia untuk melakukan inovasi di berbagai lini, baik dari pemilihan material sampai dengan pembaruan sifat-sifat material [1].

Pengecoran merupakan satu diantara sekian banyak proses pembuatan produk dimana suatu logam dilebur hingga cair di dalam sebuah tungku peleburan logam, kemudian proses selanjutnya adalah penuangan ke dalam saluran tuang yang memiliki cetakan (*molding*) dengan bentuk asli dari produk cor yang akan dibuat. Ada beberapa faktor yang merupakan ciri dari proses pengecoran:

1. Memiliki aliran logam cair ke dalam rongga cetak,
2. Adanya transfer panas selama pembekuan dan pendinginan dari logam dalam cetakan logam,
3. Pengaruh bahan atau material cetakan,
4. Pembekuan logam dari kondisi cair

Pengelompokan jenis pengecoran berdasarkan umur dari cetakan, adalah pengecoran dengan sekali pakai (*expendable mold*) dan pengecoran dengan cetakan permanent (*permanent mold*) [2]. Jenis yang digunakan dalam penelitian ini adalah termasuk dalam jenis *expendable mold*.

Pada dunia industri saat ini penggunaan material baja diimbangi dengan semakin banyaknya penggunaan material besi cor. Hal ini terjadi dikarenakan material besi cor mempunyai keunggulan dibandingkan baja, yaitu merupakan bahan yang relatif murah, memiliki sifat mampu cor (*castability*) yang baik, dan juga memiliki sifat mampu mesin (*machinability*) yang relatif lebih baik dibandingkan dengan baja [1].

Metode perlakuan panas dengan cara pencelupan secara cepat yang di sebut *quenching*, akan diperoleh struktur martensit akibat dari penurunan temperatur dan suhu *austenit* ke suhu kamar yang menyebabkan logam menjadi keras. Proses pendinginan secara cepat dari suhu 700°C lebih adalah suatu pengerjaan yang sangat

drastis, dan pendinginan yang cepat ini akan mengakibatkan keretakan dan pergeseran struktur material. Sejumlah media pendinginan digunakan dalam *quenching* untuk mendapatkan variasi pendinginan. Larutan soda akustik 5% memberikan pendinginan yang sangat dahsyat, kemudian dimasukkan air asin, lalu air dingin. Efek pendinginan yang lambat pada benda-benda yang besar, terutama pada bagian dalam baja hampir tidak sekeras bagian luarnya. Oleh karena itu akan terjadi pengendapan karbon, dan bagian tengah baja akan mengandung pearlite [3].

Salah satu hasil atau produk yang dihasilkan dari metode pengecoran pada penelitian ini adalah komponen roda gigi mesin tenun. Mesin tenun adalah mesin yang digunakan untuk menganyam benang menjadi kain atau tekstil. Roda gigi berfungsi sebagai transmisi tenaga jarak pendek berdasarkan rasio putaran dari poros utama ke poros penggerak. Hasil dari penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variabel pendinginan cepat *quenching* pada material *cast iron*.

## Tinjauan Teoritis

Ahsani [4] melakukan penelitian tentang pengecoran produk untuk cetakan permanen dengan menggunakan bahan besi cor FCD. Hasil yang didapat dalam perhitungan sistem saluran pada cetakan bawah menghasilkan nilai saluran masuk 3,91339 cm<sup>2</sup>, saluran turun dengan rumus perbandingan 1:1 yaitu: 3,91339 cm<sup>2</sup>, tinggi penuangan 10,966 cm, dan nilai penyusutan 79.565,625 mm<sup>3</sup>. Cetakan bagian bawah saluran masuk 4,15368 cm<sup>2</sup>, saluran turun dengan rumus perbandingan 1:1 yaitu: 4,15368 cm<sup>2</sup>, tinggi penuangan 4,69 cm, dan nilai penyusutan 37.130,625 mm<sup>3</sup>.

Sari [5] melakukan penelitian tentang *heat treatment* pada baja karbon dengan variable media pendinginan. Hasil yang didapat bahwa nilai kekerasan pada material baja dengan perlakuan pendinginan menggunakan media air lebih tinggi dibandingkan dengan media lain. Inter-critical sampel uji *annealing* (AN) pada

suhu 900 °C menunjukkan ferit–martensit fase ganda dan menunjukkan sifat mekanik yang sangat baik bila dibandingkan dengan sampel uji *normalizing* (NO), *quenching* (QE) dan tanpa perlakuan *raw material* (RM).

Harahap [6] melakukan studi tentang analisa perpindahan panas besi cor kelabu FC 200 pada cetakan logam. Hasilnya adalah waktu yang diperlukan untuk membeku pada logam cair dalam cetakan berdasarkan perhitungan dan simulasi masing-masing sebesar 1,14 menit dan 1,30 menit. Waktu yang diperlukan saat penuangan logam cair ke dalam cetakan yang adalah 3,15 detik dengan hasil coran yang cukup baik di bagian permukaannya.

Setyo, dkk [7] melakukan penelitian tentang meningkatkan sifat-sifat mekanis besi cor kelabu dengan proses *tempering*. Hasil penelitian didapatkan bahwa pada temperatur *tempering* 200°C, 300°C dan 400°C, ketangguhan FC 30 mengalami peningkatan 106,5%, 121,9% dan 130,5 % dari energi mula-mula 5,21 Joule/mm<sup>2</sup>, sebaliknya kekerasan mengalami penurunan sebesar 88,6%, 80,8% dan 40,4% dari kekerasan semula 260,8 VHN. Setyo [7] dalam penelitiannya mengenai pengaruh viskositas oli terhadap kekerasan dan struktur mikro baja 60 menjelaskan bahwa semakin tinggi nilai viskositas oli maka akan berdampak pada kekerasan baja yang telah dilakukan *quenching*. Selain itu semakin tinggi angka viskositas oli juga akan berdampak pada tingginya kandungan martensitnya karena perambatan panas lebih cepat pada oli yang memiliki angka viskositas tinggi dibandingkan yang rendah.

### Metode Penelitian

Pada penelitian ini material atau bahan baku yang digunakan adalah *return scrap*, logam bekas, dan pasir silika. Proses pengecoran dilakukan di CV. Kembar Jaya, Klaten Jawa Tengah. Metode yang digunakan pada pengecoran ini adalah *sand casting*. Pengecoran *sand casting* adalah jenis pengecoran dengan menggunakan cetakan pasir. Jenis pengecoran ini paling

banyak dipakai karena biaya produksinya rendah dan dapat membuat benda coran yang berkapasitas berton-ton [8].



Gambar 1. Logam bekas



Gambar 2. Return scrap

Tahapan selanjutnya adalah pembuatan pola cetakan *cup* and *drag*. Dalam proses pengecoran logam terdiri dari beberapa tahapan-tahapan yang sangat penting, tahapan tersebut tidak dapat dihilangkan atau dilompati salah satunya *mold* (cetakan) karena selain berfungsi sebagai pembentuk pola, *mold* juga dapat mempengaruhi kesempurnaan hasil dari pengecoran logam.



Gambar 3. Molding roda gigi mesin tenun



Gambar 4. Cetakan *cup and drag*

Dengan adanya cetakan dan pola, maka produk yang diinginkan dapat di produksi secara masal dan tidak terlalu memakan banyak waktu pada saat proses produksi berlangsung. Pola roda gigi (gear) yang akan dicetak diberi bubuk anti air pada bagian luar pola sehingga pada saat cetakan diisi pasir, pola tersebut tidak lengket dan bisa terbentuk.

Pasir silika yang digunakan dalam pengecoran ini menggunakan jenis pasir silika kasar seperti yang tertera pada Tabel 1 dibawah ini:

Tabel 1. Jenis-jenis pasir silika [9]

Kriteria	Jenis	Keterangan
Kasar	50% butiran >0,2 mm	Silika (SiO <sub>2</sub> ), selalu digunakan di hampir seluruh pengecoran logam dengan pasir cetak.
	45% butiran 0,1-0,2 mm	Zirkon (ZrO <sub>2</sub> ), umumnya digunakan sebagai <i>facing-sand</i> atau digunakan pada campuran dengan silika.
Halus	40% butiran 0,06-0,1 mm	Chromit (FeO.Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ), umumnya digunakan sebagai <i>facing-sand</i> atau campuran dengan silika pada pengecoran baja.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain adalah alat uji komposisi bahan *Carbon Equivalen* (CE) Meter. Uji komposisi kimia bertujuan untuk

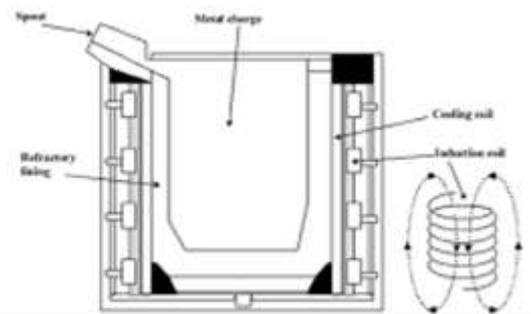
mengetahui komposisi yang terkandung pada logam, sehingga hasil dari pengujian ini dapat digunakan sebagai salah satu panduan untuk menentukan komposisi logam apakah yang lebih dominan menyusun gear tersebut. Pada pengujian kekerasan digunakan uji kekerasan *Vickers* menggunakan penumbuk piramida intan yang dasarnya berbentuk bujur sangkar.

Nilai kekerasan Vickers (VHN), diartikan sebagai suatu beban dibagi luas permukaan injakan. Luas ini dihitung dari hasil pengamatan dengan mikroskop sebuah panjang diagonal jejak yang dapat ditentukan dari persamaan berikut [10]:

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

$$D = \frac{D_1 + D_2}{2} \quad (2)$$

Metode peleburan logam dengan menggunakan tanur induksi. Bahan bakar dari tanur induksi berupa daya listrik. Transformator merupakan prinsip kerja dari tanur induksi dengan kumparan primer di aliri arus *Alternating Current* (AC) dan kumparan sekunder dan air sebagai pendingin.



Gambar 6. Skema tanur induksi [10]

## Hasil dan Pembahasan

Pada proses pengecoran, logam cair yang telah mencapai titik lebur dituang ke dalam cetakan dan dilanjutkan dengan proses *quenching* dengan media oli. *Sample* atau spesimen diambil dari potongan bagian dari hasil pengecoran tersebut. Hasil dari proses pengecoran logam dengan menggunakan pasir cetak yang telah dilakukan pada Gambar 7 ditunjukkan bahwa dengan menggunakan pasir cetak

basah material besi cor dapat dicetak sesuai pola. Hal tersebut disebabkan karena material pasir yang digunakan berukuran berbeda. Pasir cetak basah menggunakan butiran pasir yang berukuran lebih halus sehingga dapat mengisi kekosongan pada rongga kecil yang terdapat pada pola cetakan sedangkan pasir cetak kering memiliki butiran pasir yang lebih besar sehingga tidak mampu mengisi rongga cetakan yang berukuran kecil seperti roda gigi. Oleh karena itu dinding yang dihasilkan oleh pasir cetak basah lebih halus dan dapat membuat pola roda gigi dengan skala ukuran yang kecil.



Gambar 7. Hasil pengecoran roda gigi mesin tenun dengan perlakuan *quenching* media oli



Gambar 8. Roda gigi mesin tenun

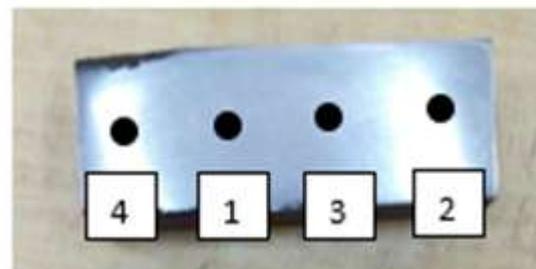
Pada hasil pengujian komposisi bahan Tabel 2, komposisi terpenting dalam material ini adalah yang pertama C (carbon) dengan data hasil dari kedua spesimen menunjukkan kandungan C lebih dari 3% sehingga dari data dapat disimpulkan bahwa bahan material yang digunakan termasuk ke dalam jenis logam *cast iron*. Komposisi kedua yaitu kandungan Si (Silicon) pada kedua spesimen kandungan Silicon memiliki komposisi lebih dari 2%, fungsi

dari Silicon hampir sama dengan C, apabila nilai komposisi Si tinggi maka mengakibatkan perlambatan laju pendinginan sehingga menyebabkan kestabilan besi-grafit. Komposisi yang ketiga yaitu Mn (Mangan) yang pada kedua spesimen memiliki nilai komposisi 0,2%, fungsi dari Mn adalah sebagai proses deoksidasi (pelepasan oksigen dari senyawa kimia atau molekul) khususnya sebagai pengikat unsur belerang.

Tabel 2. Hasil uji komposisi kimia bahan

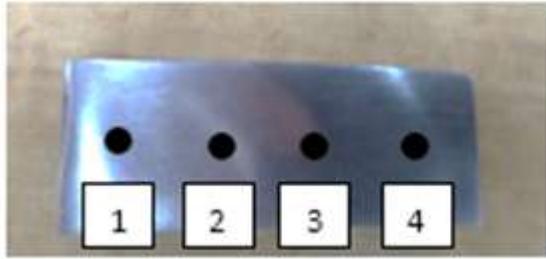
Sampel A (Raw Material)		Sampel B (Quenching oli)	
Unsur	%	Unsur	%
C	3,1826	C	3,0269
Si	2,6661	Si	2,7771
S	0,0157	S	0,0129
P	0,0097	P	0,0088
Mn	0,2531	Mn	0,2538
Ni	0,0130	Ni	0,0125
Cr	0,0375	Cr	0,0369
Mo	0,0034	Mo	0,0029
Cu	0,1674	Cu	0,1652
Nb	0,0030	Nb	0,0027
V	0,0020	V	0,0020
Co	0,0024	Co	0,0022
Pb	0,0031	Pb	0,0029
Fe	93,58	Fe	93,66

Pada uji kekerasan *Vickers* ini digunakan indentor piramida intan kasar. Pengujian ini menggunakan beban statis, dengan bentuk indentor yang khusus berupa *knoop* memungkinkan untuk mendapatkan kekuatan yang lebih rapat dibandingkan dengan lekukan *Vickers* [11].



Gambar 9. Titik distribusi kekerasan *Vickers* (raw material)

Hal ini sangat berguna khususnya bila mengukur kekerasan lapisan tipis atau mengukur kekerasan bahan getas dimana kecenderungan menjadi patah sebanding dengan volume bahan yang ditegangkan.



Gambar 10. Titik distribusi kekerasan Vickers (*quenching oli*)

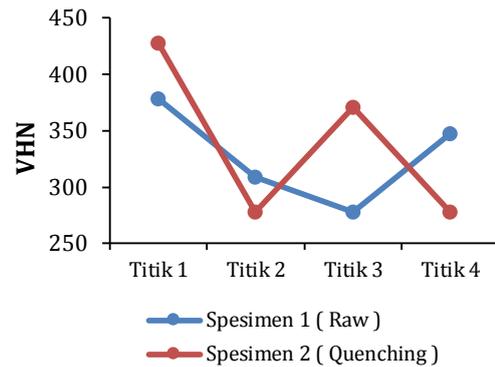
Pengujian kekerasan dilakukan dengan menggunakan beban tekan sebesar 300 gr dengan waktu tekan 10 seconds. Sehingga didapatkan hasil data sebagai berikut:

Tabel 3. Hasil pengujian kekerasan Vickers

Material	Titik 1 (VHN)	Titik 2 (VHN)	Titik 3 (VHN)	Titik 4 (VHN)
Spesimen 1 ( <i>Raw</i> )	378,18	309	278,1	347,62
Spesimen 2 ( <i>Quenching oli</i> )	427,84	278,1	370,8	278,1

Hasil pengujian kekerassan Vickers menunjukkan bahwa angka tertinggi dari kedua spesimen terletak dititik 1 yaitu dengan nilai angka mencapai 378,18 VHN untuk spesimen raw material dan 427,84 VHN untuk spesimen *quenching*, jika dilihat dari gambar 10, posisi titik 1 yaitu berada pada paling ujung spesimen atau terletak dipaling pinggir. Jika kembali lagi pada saat proses pembentukan spesimen, titik satu merupakan hasil sisi terluar bagian dari hasil pengecoran yang mendapat proses perlakuan panas *quenching*.

Berdasarkan dari hasil pengamatan dan perhitungan yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa pengaruh perlakuan panas *quenching* dapat berpengaruh dalam kekerasan suatu material, hal ini dapat dibuktikan dari hasil perbandingan uji kekerasan dari spesimen raw material dan spesimen.



Gambar 11. Hubungan antara titik pengujian dengan harga kekerasan Vickers (VHN)

## Kesimpulan

Hasil penelitian yang telah dilakukan, ditemukan beberapa hal, antara lain pengaruh perlakuan panas (*quenching oli*) yang dilakukan dapat meningkatkan kekerasan material, sehingga dampaknya adalah material menjadi getas dan berpengaruh pada usia guna material tersebut. Hal ini dapat dibuktikan dari nilai angka uji kekerasan material yang menunjukkan angka tertinggi mencapai angka 427,84 VHN untuk material *quenching* sedangkan untuk raw material angka tertinggi mencapai 378,18 VHN. Dari penelitian ini juga dapat disimpulkan bahwa material yang digunakan termasuk kedalam jenis logam *cast iron*, pernyataan ini diperkuat dengan data hasil uji komposisi yang menunjukan unsur kimia logam Fe dan C yang lebih mendominasi dengan angka capaian untuk Fe (93,66%) dan C (3,0269%).

## Daftar notasi

VHN : Vickers Hardness Number  
P : Beban tekan (kg)  
D : Diameter injakan (mm)

## Referensi

- [1]. De Jesus, A.D.S. and G. Soebiyakto, Analisis Uji Tarik Dan Metalografi Sifat Mekanik Besi Tuang Kelabu (FC-20) Dengan Proses Heat Treatment. PROTON, 2018. 10(1).
- [2]. Slamet, S., Karakterisasi Pasir Silika Bekas Inti Cor melalui Proses Daur

- Ulang dengan Pengikat Senyawa Resin Alami. *SINTEK JURNAL: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 2016. 10(1).
- [3]. Wisnujati, A., Analisis perlakuan carburizing terhadap sifat fisik dan mekanik pada bahan sprocket imitasi sepeda motor. *Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro dan Ilmu Komputer*, 2017. 8(1): p. 127-134.
- [4]. Ahsani, A. and S. Patna Partono, Perencanaan Dan Pembuatan Produk Untuk Cetakan Permanen Dengan Material Fcd Menggunakan Cetakan Pasir Co2. 2017, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- [5]. Sari, N.H., Perlakuan panas pada baja karbon: efek media pendinginan terhadap sifat mekanik dan struktur mikro. *Jurnal Teknik Mesin (JTM)*, 2017. 6(4): p. 264.
- [6]. Harahap, M.R. and A.E. Siregar. Analisa Perpindahan Panas Pada Penuangan Besi Cor Kelabu Fc 200 Pada Cetakan Logam. in *Seminar Nasional Teknik (SEMNASTEK) UISU*. 2019.
- [7]. Setyo, N., Pengaruh Viskositas Oli Terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro Baja 60. *Wahana Ilmuwan*, 2016. 2(2).
- [8]. Rahmawan, H.D., Pengaruh Putaran Pada Cetakan Pengecoran Aluminium Dengan Metode Horizontal Centrifugal Casting Terhadap Cacat Coran, Kekerasan Dan Struktur Mikro. 2017, Universitas Negeri Semarang.
- [9]. Suprpto, W., *Teknologi Pengecoran Logam*. 2017: Universitas Brawijaya Press.
- [10]. Nugroho, S. and Y. Umardhani, Karakterisasi Material Refraktori Basa Berbahan Dasar Magnesia (Mgo) Guna Lining Tungku Induksi Pengecoran Baja di PT X Klaten. *Prosiding SNST Fakultas Teknik*, 2011. 1(1).
- [11] Budianto, E., Choiron, M. A., & Darmadi, D. B. (2016). Hardening baja AISI 1045 menggunakan gel aloe vera sebagai media pendingin. *Rekayasa Mesin*, 7(2), 55-64.