

## Pengaruh Variasi Temperatur *Heat Treatment* pada *Ductile Cast Iron* (Fcd-50) terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Mikro

Yohanes Dimu Dede<sup>1</sup>, Suriansyah Sabarudin<sup>1</sup>, Arief Rizki Fadhillah<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi S1 Teknik Mesin, Universitas Widyagama Malang

<sup>2</sup>Program Studi D3 Mesin Otomotif, Universitas Widyagama Malang,

Jl. Taman Borobudur Indah No. 1, Mojolangu, Kec. Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur 65142

E-mail: [arief.rizki.f@widayagama.ac.id](mailto:arief.rizki.f@widayagama.ac.id)

Diajukan: 13 November 2021; Diterima: 14 Agustus 2022; Diterbitkan: 22 Agustus 2022

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui peningkatan sifat mekanik *ductile cast iron* (FCD-50) terhadap kekerasan, *impact* dan struktur makro dengan proses *heat treatment*. Penelitian ini menggunakan besi cor kelabu FCD-50, dengan pengujian pertama yaitu spesimen tanpa perlakuan dan pengujian kedua sebagai pembanding yaitu variasi temperature *heat treatment* yaitu 800°C, 850°C dan 900°C dengan penahanan waktu selama 30 menit, dan pendinginan menggunakan oli. Hasil penelitian uji kekerasan menunjukkan bahwa pada besi cor nodular FCD-50 didapatkan hasil yang berbeda-beda, yaitu dimana pada besi cor FCD-50 tanpa perlakuan lebih cenderung mengalami penurunan kekerasan yaitu dengan jumlah rata-rata nilai kekerasan sebesar 18,5 HRC, sedangkan *heat treatment* 800°C lebih cenderung mengalami kenaikan kekerasan yaitu dengan jumlah rata-rata nilai kekerasan sebesar 25,37 HRC, sedangkan *heat treatment* 850°C lebih cenderung mengalami kenaikan kekerasan yaitu dengan jumlah rata-rata nilai kekerasan sebesar 57,48 HRC, sedangkan *heat treatment* 900°C lebih cenderung mengalami kenaikan kekerasan yaitu dengan jumlah rata-rata nilai kekerasan sebesar 68,42 HRC. Hasil penelitian uji *impact* menunjukkan bahwa pada besi cor nodular FCD-50 didapatkan hasil yaitu tanpa proses *heat treatment* memiliki hasil rata-rata energi *impact* yaitu dengan nilai energi *impact* tertinggi sebesar 9,638 Joule/mm<sup>2</sup>. Pada proses *heat treatment* 800°C jumlah rata-rata energi *impact* yaitu sebesar 6,554 Joule/mm<sup>2</sup>. Pada proses *heat treatment* 850°C jumlah rata-rata energi *impact* yaitu sebesar 7,517 Joule/mm<sup>2</sup>. Pada proses *heat treatment* 900°C, rata-rata energi *impact* yaitu sebesar 3,277 Joule/mm<sup>2</sup>. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengaruh dari proses perlakuan meningkatkan kekerasan, dan memberikan perubahan ferrit, perlit serta grafit yaitu struktur perlit lebih banyak dan struktur grafit dan ferrit berkurang dibanding spesimen As-Cast.

**Kata kunci:** besi tuang nodular FCD-50; *heat treatment*; *quenching*; uji kekerasan; uji *impact*; struktur mikro

### Abstract

*This study aims to determine the improvement of the mechanical properties of ductile cast iron (FCD-50) against hardness, impact and macrostructure by heat treatment process. This study uses FCD-50 gray cast iron, with the first test being specimens without treatment and the second test as a comparison, namely variations in temperature heat treatment, namely 800°C, 850°C and 900°C with holding time for 30 minutes, and cooling using oil. The results of the hardness test showed that the FCD-50 nodular cast iron obtained different results, namely where the untreated FCD-50 cast iron was more likely to experience a decrease in hardness with an average hardness value of 18.5 HRC, while heat treatment 800°C is more likely to experience an increase in hardness with an average hardness value of 25.37 HRC, while heat treatment at 850°C is more likely to experience an increase in hardness with an average hardness value of 57.48 HRC, while heat treatment 900°C is more tend to experience an increase in hardness with an average hardness value of 68.42 HRC. The results of the impact test showed that FCD-50 nodular cast iron showed that without heat treatment, the average impact energy was 9,638 Joule/mm<sup>2</sup>. In the 800°C heat treatment process, the average amount of impact energy is 6.554 Joule/mm<sup>2</sup>. In the 850°C heat treatment process, the average amount of impact energy is 7.517 Joule/mm<sup>2</sup>. In the 900°C heat treatment process, the average impact energy is 3,277 Joules/mm<sup>2</sup>. The results showed that under the influence of the treatment process increased hardness, and gave changes to ferrite, pearlite and graphite, namely more pearlite structure and less graphite and ferrite structures than the As-Cast specimens.*

**Keywords:** FCD-50 nodular cast iron; *heat treatment*; *quenching*; hardness test; impact test; micro structure

## 1. Pendahuluan

Kemajuan teknologi pada saat ini banyak membawa dampak yang besar bagi perkembangan material. Peningkatan kebutuhan terhadap material yang cukup tinggi dan beraneka ragam, maka banyak inovasi pengembangan material dari segi proses maupun sifat-sifat material [1]. Salah satu material yang banyak dilakukan inovasi yaitu logam *ferrous* dengan jenis baja. Baja banyak digunakan oleh dunia industri, hal ini dikarenakan baja beberapa keunggulan yaitu memiliki kekuatan yang tinggi, kemampukerasan yang baik dan relatif ulet [2].

Namun, pada perkembangannya pada saat ini penggunaan material baja sangat seimbang dengan dengan material besi cor. Keunggulan dari besi cor, antara lain: 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 [3]. Klasifikasi besi cor, diantaranya: besi cor kelabu, besi cor nodular, besi cor mampu tempa dan besi cor putih. Berdasarkan 4 jenis besi cor diatas, besi cor nodular merupakan material yang banyak dikembangkan pada saat ini. Besi cor nodular adalah salah satu jenis besi cor mampu tempa yang bentuk grafitnya bulat, kekuatan dan keuletannya menjadi lebih baik [4-5].

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa besi cor nodular memiliki potensi yang sangat baik dari segi sifat-sifat material yang dihasilkan. Salah satunya adalah penelitian yang dilakukan oleh sabarudin dengan fokus pada peningkatan kekerasan FCD-50 dengan proses *austemper*, *cryogenic* dan *temper ductile iron* (ACTDI). Penelitian menyimpulkan bahwa FCD 50 yang diberi perlakuan perendaman *cryogenic* selama 96 jam memiliki nilai kekerasan rata-rata sebesar 28.18 HRC yang lebih baik dibandingkan FCD-50 tanpa perlakuan perendaman. Peningkatan kekerasan pada spesimen FCD-50 dengan perlakuan perendaman *cryogenic* ini disebabkan oleh jumlah martensit lebih banyak dibandingkan FCD-50 tanpa perlakuan (*As-Cast*). Selain itu, FCD-50 dengan perlakuan perendaman *cryogenic* memiliki banyak perubahan pada *perlite*, *ferrite* dan *martensite* yang lebih baik dibandingkan dengan material FCD-50 *As-Cast* [6].

Pada penelitian lainnya yang dilakukan oleh zamroji yang terfokus pada analisa pengaruh *heat treatment* (*hardening*) terhadap sifat mekanik dan struktur mikro besi cor nodular (FCD 60). Dari penelitian tersebut disimpulkan bahwa pada struktur mikro pada besi cor nodular FCD-60 terdapat fasa penyusun antara lain *ferrite*, *pearlite* dan *carbide*. Spesimen non *heat treatment* memiliki rata-rata kekerasan sebesar 21 HRC, spesimen hasil *heat treatment* 800°C memiliki kekerasan rata-rata sebesar 25,33 HRC, spesimen hasil *heat treatment* 850°C memiliki kekerasan rata-rata sebesar 40,33 HRC, spesimen hasil *heat treatment* 900°C memiliki kekerasan rata-rata sebesar 38,66 HRC. Nilai kekerasan terbesar yaitu hasil *heat treatment* 850°C yaitu sebesar 40,33 HRC. Sepesimen hasil *heat treatment* memiliki susunan butiran yang semakin besar, jumlah *ferrite* meningkat dan *carbide* juga mengalami peningkatan [7].

Penelitian selanjutnya yaitu yang dilakukan oleh De Jesus dengan tujuan untuk mengetahui peningkatan sifat mekanik *gray cast iron* (FC-20) terhadap kekuatan tarik dan struktur makro dengan proses *heat treatment*. Penelitian ini menggunakan besi cor kelabu FC 20, dengan pengujian pertama yaitu metode *quenching* pendinginan air garam, pendinginan air es dan pendinginan oli terhadap nilai kekuatan tarik dan struktur makro besi cor kelabu FC 20. Variasi temperatur pemanasan yang digunakan sebesar 600°C-750°C dengan penahanan waktu selama 45 menit. Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa pada besi cor kelabu FC 20 di dapatkan hasil yang berbeda-beda, yaitu dimana pada besi cor FC-20 tanpa perlakuan lebih cenderung mengalami penurunan kekuatan tarik yaitu dengan jumlah rata-rata nilai kekuatan tarik tertinggi sebesar 23.14 kgf/mm<sup>2</sup> dan nilai regangan lebih tinggi yaitu 10,23% sedangkan pendinginan air garam lebih cenderung mengalami kenaikan kekuatan tarik yang sangat tinggi yaitu dengan jumlah rata-rata nilai kekuatan tarik tertinggi sebesar 30.23 kgf/mm<sup>2</sup> dan mengalami penurunan nilai regangan yaitu

sebesar 1.7%, sedangkan pada variasi pendinginan air es memiliki rata-rata nilai kekuatan tarik tertinggi sebesar 27.75% kgf/mm<sup>2</sup> dan mengalami kenaikan regangan yaitu sebesar 1.8%. Sedangkan pada variasi pendinginan oli hasil kekuatan tariknya naik lebih tinggi bila dibandingkan dengan pendinginan air es yaitu dengan rata-rata nilai kekuatan tarik tertinggi sebesar 29 kgf/mm<sup>2</sup> dan mengalami penurunan regangan yaitu sebesar 1.6% [8].

Berdasarkan paparan latar belakang dan beberapa hasil penelitian tentang besi tuang nodular, maka dapat dilihat bahwa besi tuang nodular memiliki potensi yang cukup baik untuk dikembangkan, hal ini dikarenakan besi tuang nodular yang telah diberi perlakuan akan mengalami peningkatan dari segi sifat mekaniknya. Dalam penelitian ini material yang digunakan adalah besi tuang nodular (FCD-50) dengan memberikan perlakuan variasi temperatur *heat treatment*. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh variasi temperatur *heat treatment* pada *ductile cast iron* (FCD-50) terhadap sifat mekanik dan struktur mikro.

### 1.1 Perlakuan Panas (*Heat Treatment*) pada besi cor nodular

Perlakuan panas adalah proses untuk memperbaiki sifat dari logam dengan jalan memanaskan coran sampai temperatur yang di inginkan, kemudian di biarkan beberapa waktu pada temperatur yang sudah ditentukan, lalu didinginkan ke temperatur yang lebih rendah dengan kecepatan yang sesuai sehingga diperoleh bentuk struktur mikro, kekerasan / sifat yang diinginkan [9-10]. Tujuan dari perlakuan panas pada logam yaitu:

1. Mengubah atau memperbaiki ukuran butiran Kristal.
2. Mengurangi atau menghilangkan dalam logam selama proses pengerjaan panas maupun pengerjaan dingin.
3. Memperbaiki sifat-sifat mekanik seperti kekuatan (*strength*), kekerasan (*hardness*), ketahanan fatik (*fatigue resistance*), kekenyalan (*ductility*), dan tahanan kejut/impak (*impact/sock resistance*).
4. Meningkatkan ketahanan terhadap panas dan korosi.
5. Menghasilkan permukaan yang keras.

Pada perlakuan panas ada dua kategori yaitu:

#### 1. *Softening* (pelunakan)

*Softening* (pelunakan) adalah usaha untuk menurunkan sifat mekanik agar menjadi lunak dengan cara mendinginkan material yang sudah dipanaskan didalam tungku (*annealing*) atau mendinginkan dalam udara terbuka (*normalizing*).

#### 2. *Hardening* (pengerasan)

*Hardening* (pengerasan) adalah usaha untuk meningkatkan sifat material terutama kekerasan dengan cara celup cepat (*quenching*) material yang sudah dipanaskan ke dalam suatu media *quenching* berupa air, air garam, maupun oli.

Untuk memperbaiki sifat mekanis dan fisis proses-proses perlakuan panas yang di gunakan yaitu [11]:

### 1.2 *Hardening*

*Hardening* adalah proses pemanasan material sampai suhu di daerah atau di atas daerah kritis disusul dengan pendinginan yang cepat. Proses *hardening* bertujuan untuk menambah kekerasan, kekuatan dan memperbaiki ketahanan material [12]. Pengerasan dapat dicapai dengan memanaskan material sampai mencapai temperatur di atas temperatur pengerasan kemudian didinginkan pada pendingin yang sudah disiapkan. Untuk pemanasannya bertahap dan pada setiap penambahan temperatur ditahan selama beberapa menit sesuai dengan standar, jika standar yang digunakan berbeda maka untuk melakukan pemanasannya pada spesimen yang berukuran kecil diberi matras dengan ukuran sama

dengan spesimen yang besar sehingga kedua spesimen tersebut dapat mencapai temperatur di atas temperatur pengerasan (temperatur kritis) secara bersamaan [13].

### 1.3 Quenching

*Quenching* yaitu suatu proses perlakuan panas dengan pendinginan materialnya dicelupkan/dimasukan kedalam media pendingin, material dipanaskan sampai temperatur pengerasnya (temperatur austenisasi), dengan laju pendinginan yang sangat tinggi (*quench*), supaya diperoleh kekerasan yang diinginkan. Pada proses *quenching* dapat dilakukan pendinginan secara cepat dengan menggunakan media oli [13-14]. Semakin cepat logam didinginkan maka akan semakin keras sifat logam itu. Karbon yang dihasilkan dari pendinginan cepat lebih banyak dari pendinginan lambat. Hal ini disebabkan karena atom karbon tidak sempat berdifusi keluar dan terjebak dalam struktur kristal dan membentuk struktur tetragonal yang ruang kosong antar atomnya kecil, sehingga kekerasannya meningkat. Untuk mendinginkan bahan ada berbagai macam bahan dimana untuk memperoleh pendinginan yang merata maka bahan pendinginan tersebut hampir semuanya di sirkulasi [13,15].

#### 1. Air

Air memberi pendinginan yang sangat cepat. Untuk memperbesar daya pendinginan air, maka kedalam air tersebut dilarutkan garam dapur dari 5 sampai 10 %.

#### 2. Minyak / Oli

Minyak / oli memberi pendinginan yang cepat, oleh karena itu untuk keperluan ini minyak harus memenuhi berbagai macam persyaratan.

#### 3. Udara

Udara memberi pendinginan yang perlahan-laha. Udara tersebut ada yang disirkulasi dan ada pula yang tidak disirkulasi.

#### 4. Garam

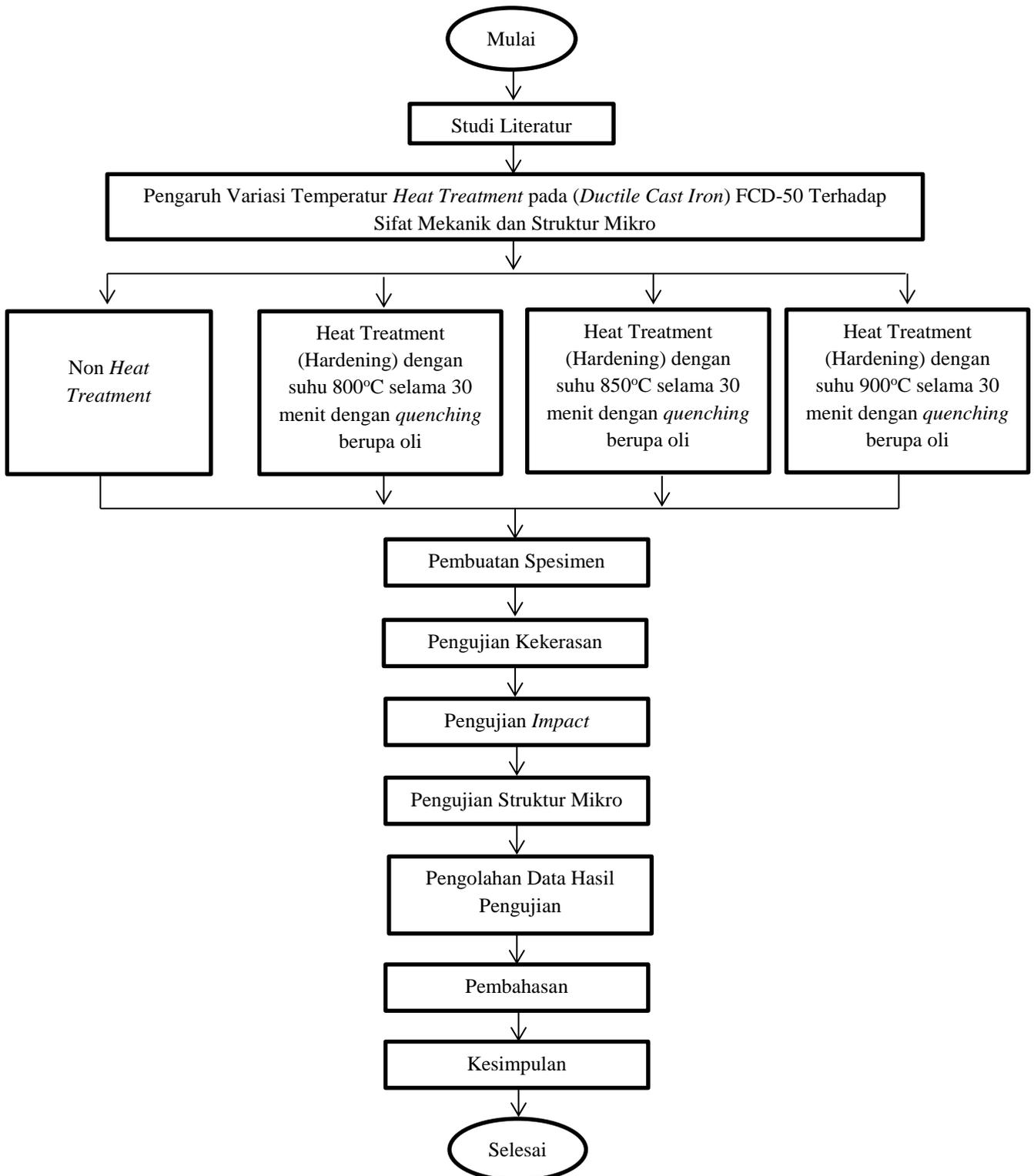
Garam memberi pendinginan yang cepat dan merata. Garam tersebut terutama digunakan untuk proses Hardening.

### 1.4 Holding Time (Waktu Tahan)

*Holding time* dilakukan untuk mendapatkan kekerasan maksimum dari suatu bahan pada proses *quenching* dengan menahan pada temperatur pengerasan untuk memperoleh pemanasan yang homogen sehingga struktur austenitnya homogen. Pada proses *pack carburizing*, *holding time* sangat diperlukan untuk menghasilkan kelarutan karbon pada besi cor, semakin lama *holding time*-nya maka semakin banyak karbon yang berdifusi dengan besi [13].

## 2. Metodologi

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium metalurgi Universitas Widyagama Malang, Laboratorium uji logam Universitas Merdeka Malang dan Laboratorim Pengujian Material Politeknik Negeri Malang. Variabel penelitian ini terbagi dalam 2 variabel, diantaranya: variabel bebas (FCD-50 tanpa *heat treatment*, FCD-50 dengan *heat treatment* 800°C, FCD-50 dengan *heat treatment* 850°C dan FCD-50 dengan *heat treatment* 900°C). Sedangkan variabel terikat meliputi kekerasan, kekuatan impak dan struktur mikro. Gambar 1 menunjukkan diagram proses penelitian yang dilakukan. Proses pengujian dalam penelitian ini ada tiga metode yaitu dengan pengujian kekerasan, pengujian *impact* dan pengujian mikrostruktur.



**Gambar 1.** Diagram Alir Penelitian

Prosedur penelitian uji kekerasan antara lain: (1) Mempersiapkan besi tuang nodular FCD-50 sebagai benda uji kekerasan; (2) Mengambil data awal setiap spesifikasi dari setiap besi cor sebelum mendapat perlakuan; (3) Pemanasan pada temperatur 800°C, 850°C dan 900°C, holding time 30 menit; (4) Setelah perlakuan, dilakukan *Quenching* dengan

oli; (5) Uji kekerasan menggunakan alat *Rockwell hardness tester* seperti pada Gambar 2(a) dan (6) Mengambil data uji kekerasan setelah mendapatkan perlakuan.

Alat uji *Rockwell hardness tester* yang digunakan mempunyai spesifikasi *preload* sebesar 98,1 N (10 kg), beban pengujian 60 kg, 100 kg dan 150 kg dengan skala 20-88 HRA, 20-100 HRB dan 20-90 HRC. Tinggi maksimum dan kedalaman maksimum sampel uji masing-masing yaitu 170 mm dan 165 mm.

Prosedur penelitian uji *impact* yaitu: (1) Mempersiapkan besi tuang nodular FCD-50 sebagai benda uji *impact*; (2) Membuat takikan dengan bentuk V dengan sudut kemiringan dan kedalaman takikan sesuai standarisasi ASTM E23-56 T mulai dari dimensi maksimum sampai minimum; (3) Meletakkan benda uji ditempat benda uji pada alat uji *impact* (pada Gambar 2 (b)), penempatan benda uji harus tepat berada pada posisi tengah-tengah dimana pisau pada pendulum berada tepat sejajar dengan takiknya tersebut; (4) Menarik *hammer* dengan sudut yang ditentukan; (5) Melepaskan pendulum untuk mengayun dan mematahkan benda uji dan (6) Mengambil data akhir setelah pengujian akhir setelah perlakuan panas.

Alat uji *impact charpy* yang digunakan mempunyai kapasitas 30 Kgf dengan sudut tepi pisau palu  $30^0$  dan sudut hidup palu  $140^0$ . Berat palu 26,32 kg, diameter mata pisau (L) 0,075 m dan panjang lengan pendulum (R) 0,647 m. Sedangkan kecepatan palu pada titik yaitu 5 m/detik.

Prosedur uji struktur mikro yang dilakukan terdiri dari: (1) menyiapkan uji metalografi dengan cara pengamplasan spesimen uji FCD-50, pemolesan dan pengetsaan (*grinding, polishing, and etching*) pembersihan (*cleaning*), pengeringan (*drying*) sehingga dapat diketahui gambar struktur mikronya; (2) Mengambil gambar struktur mikro menggunakan alat pada Gambar 2 (c) dan (3) Pengolahan data dari uji kekerasan dengan pembuktian foto struktur mikro sebagai penguat hasil penelitian kekerasan yang dilakukan peneliti. Alat uji struktur mikro bermerk Nikon keluaran Jepang.



(a)



(b)

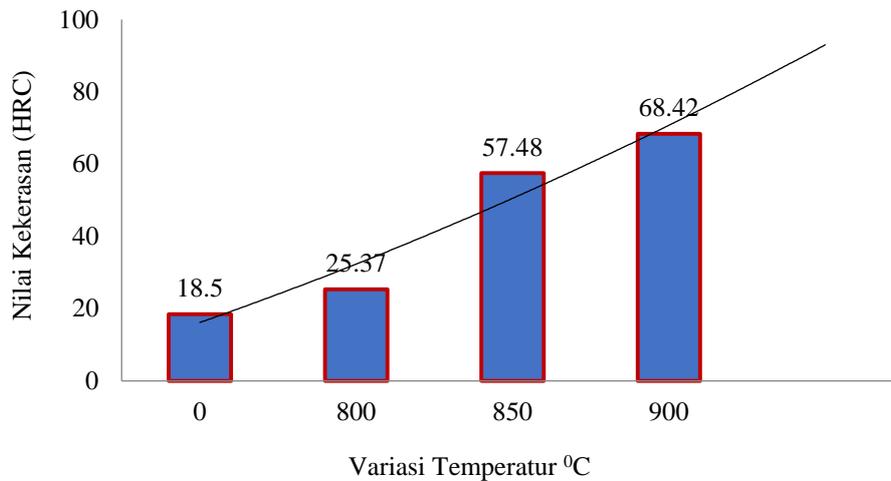


(c)

**Gambar 2.** (a) Alat Uji Kekerasan, (b) Alat Uji *Impact Charpy* dan (c) Alat Uji Struktur Mikro

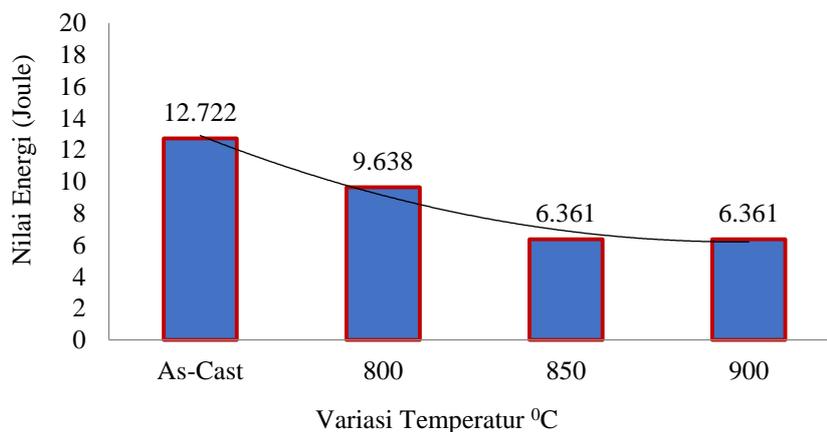
### 3. Hasil dan Pembahasan

Dari pengujian yang suda di lakakukan terhadap masing-masing setiap spesimen, didapatkan rata-rata data pengujian dan Data tersebut kemudian dijadikan diagram sebagaimana tampak pada Gambar 3 dan 4. Selanjutnya dilakukan analisis mikrostruktur dengan hasil sebagaimana tampak pada Gambar 5.



**Gambar 3.** Diagram Rata-Rata Hasil Uji Kekerasan FCD-50

Dari data hasil pengujian kekerasan menunjukkan nilai kekerasan rata-rata untuk setiap spesimen yaitu *As-Cast* dan spesimen dengan perlakuan 800°C, 850°C dan 900°C nilai kekerasan mengalami peningkatan. Pada pengujian kekerasan FCD-50 tanpa perlakuan (*As-Cast*) didapatkan nilai rata-rata kekerasan sebesar 18,5 HRC. pada pengujian kekerasan FCD-50 dengan perlakuan pada temperatur 800°C didapatkan nilai rata-rata kekerasan sebesar 25,37 HRC, Pada pengujian kekerasan FCD-50 dengan perlakuan pada temperatur 850°C didapatkan nilai rata-rata sebesar 57,48 HRC, sedangkan untuk pengujian kekerasan FCD-50 dengan perlakuan pada temperatur 900°C didapatkan nilai rata-rata sebesar 68,42 HRC. untuk nilai kekerasan yang paling tinggi adalah dengan pemanasan spesimen FCD-50 pada temperatur 900°C. terjadinya peningkatan kekerasan dikarenakan struktur perlit meningkat akibat dari perlakuan panas dapat kita ketahui dari persentase matriks perlitnya, karena sifat matrik perlit memiliki nilai kekerasan tinggi namun getas.

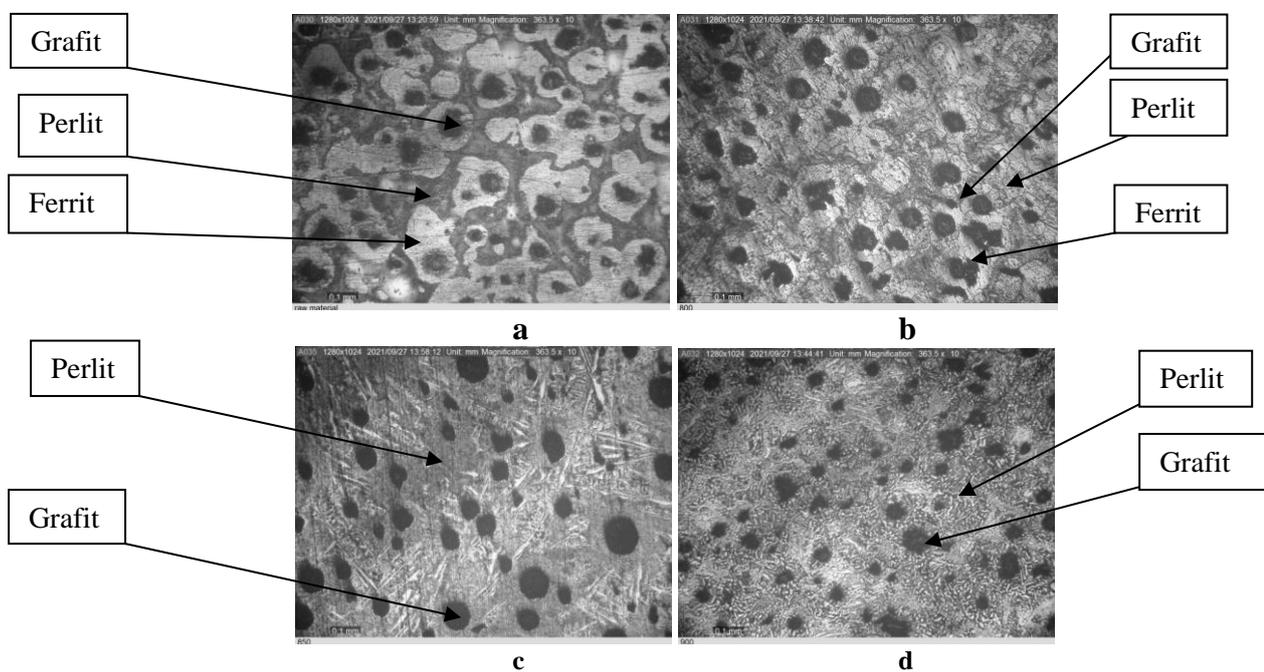


**Gambar 4.** Diagram Rata-rata Hubungan Variasi Temperatur FCD-50 Terhadap Hasil Uji *Impact*

Dari Gambar 4 diagram rata-rata hubungan variasi temperatur FCD-50 terhadap hasil uji *impact* diketahui pada besi FCD-50 tanpa perlakuan cenderung mengalami kenaikan yang lebih tinggi dengan jumlah rata-rata energi *impact*

sebesar 12,722 Joule/mm<sup>2</sup> dan rata-rata harga *impact* tertinggi sebesar 0,118 Kgm, pada temperatur 800°C jumlah rata-rata energi *impact* sebesar 9,638 Joule/mm<sup>2</sup> dan rata-rata harga *impact* tertinggi sebesar 0,079 Kgm, pada temperatur 850°C cenderung lebih mengalami kenaikan yaitu dengan jumlah rata-rata energi *impact* sebesar 6,361 dan rata-rata harga *impact* tertinggi sebesar 0,039 Kgm, sedangkan pada temperatur 900°C cenderung mengalami penurunan yaitu dengan jumlah rata-rata energi *impact* sebesar 6,361 Joule/mm<sup>2</sup> dan rata-rata harga *impact* tertinggi sebesar 0,039 Kgm. Hal ini disebabkan karena struktur atom yang terkandung dalam besi FCD-50 mulai bergerak sehingga beban kejut yang diterima lebih kecil dan juga patah getas akibat peningkatan struktur perlit sehingga nilai harga *impact*-nya mengalami penurunan karena sifat struktur perlit memiliki kekerasan yang terlalu tinggi namun getas dapat kita ketahui dari hasil pengujian kekerasan.

Berdasarkan dari data hasil pengujian *ductile cast iron* FCD-50 terhadap struktur mikro dengan variasi temperatur pemanasan yaitu As-Cast, 800, 850 dan 900 °C, maka didapatkan hasil seperti Gambar 5.



**Gambar 5.** (a) Struktur Mikro FCD–50 (*As-Cast*), b) Struktur Mikro FCD–50 (Perlakuan 800 0C), c) Struktur Mikro FCD–50 (Perlakuan 850 0C), d) Struktur Mikro FCD–50 (Perlakuan 900 0C)

Secara persentase dapat dilihat pada gambar 5. perubahan struktur mikro pada gambar 5(a) spesimen tanpa perlakuan menunjukkan kadar grafit secara keseluruhan dengan persentase sebesar 12,5%, sedangkan ferrit dengan persentase 44,3%, Dan perlit dengan persentase 43,12%. Pada gambar 5(b) struktur mikro dengan perlakuan 800°C diatas menunjukkan struktur grafit dengan persentase 18,25%, matrik ferit dengan persentase 32,75% dan perlit dengan persentase 49%. Pada gambar 5(c) struktur mikro dengan perlakuan 850°C, diatas menunjukkan struktur grafit dengan persentase 16,5%, struktur ferit dengan persentase 4,5%, dan perlit dengan persentase 79%. Pada gambar 5(d) struktur mikro perlakuan 900°C, diatas menunjukkan struktur grafit dengan persentase 14,5%, struktur ferit dengan persentase 1,75% dan struktur perlit dengan persentase 83,75 %. Jadi semakin tinggi temperatur pemanasan maka semakin tinggi nilai kekerasannya dan struktur grafit nodul semakin mengecil dan struktur perlitnya semakin melebar sehingga mempengaruhi tingkat kekerasan semakin tinggi.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa: Pengaruh *heat treatment* terhadap sifat mekanik kekerasan pada *Ductile Cast Iron* (FCD-50) yaitu terdapat peningkatan nilai kekerasan, bila dibandingkan dengan specimen *As-Cast* dengan nilai yaitu 18,5 HRC. dapat dibandingkan specimen hasil *heat treatment* 800<sup>0</sup> C dengan nilai kekerasan yaitu 25,37 HRC, specimen hasil *heat treatment* 850<sup>0</sup> C dengan nilai kekerasan yaitu 57,48 HRC, specimen hasil *heat treatment* 900<sup>0</sup> C dengan nilai kekerasan yaitu 68,42 HRC. Nilai kekerasan yang lebih tinggi yaitu pada hasil *heat treatment* 900<sup>0</sup> C dengan nilai kekerasan 68,42 HRC.

Pengaruh *heat treatment* terhadap pengujian *impact ductile cast iron* FCD-50 didapatkan hasil yaitu tanpa proses *heat treatment* memiliki hasil rata-rata energi *impact* yaitu dengan nilai energi *impact* tertinggi sebesar 9,638 Joule/mm<sup>2</sup> dan rata-rata harga *impact* sebesar 0,118 Kgm. Pada proses *heat treatment* 800<sup>0</sup>C jumlah rata-rata energi *impact* yaitu sebesar 6,554 Joule/mm<sup>2</sup> dan rata-rata harga *impact* yaitu sebesar 0,079 Kgm. Pada proses *heat treatment* 850<sup>0</sup>C jumlah rata-rata energi *impact* yaitu sebesar 7,517 Joule/mm<sup>2</sup> dan rata-rata harga *impact* sebesar 0,039 Kgm. Pada proses *heat treatment* 900<sup>0</sup>C, rata-rata energi *impact* yaitu sebesar 3,277 Joule/mm<sup>2</sup> dan rata-rata harga *impact* yaitu sebesar 0,039.

Pengaruh *heat treatment* terhadap struktur mikro pada *ductile cast iron* (FCD-50), diperoleh hasil pengamatan specimen dengan proses *heat treatment* mengalami perubahan yaitu struktur mikro yang terjadi pada perlakuan *heat treatment* dengan pendinginan oli mengalami perubahan bentuk grafit nodul atau bulatan yang lebih baik dan muncul lebih banyak kandungan perlit sehingga mempengaruhi tingkat kekerasan besi cor tersebut daripada *As-cast*.

#### Daftar Pustaka

- [1] Wiharja I, Haryadi GD, Umardani Y, Hardjuno AT. Pengaruh Proses Heat Treatment Tempering Terhadap Struktur Mikro Dan Nilai Kekerasan Pada Sambungan Las Thermite Baja UIC-54. J Tek Mesin Univ Diponegoro. 2014;2(4):454–62.
- [2] Zubaidi A, Syafa'at I, Darmanto. Analisis Pengaruh Kecepatan Putar Dan Kecepatan Pemakanan Terhadap Kekasaran Permukaan Material Fcd 40 Pada Mesin Bubut Cnc. Momentum [Internet]. 2012;8(1):40–7. Available from: <https://publikasiilmiah.unwahas.ac.id/index.php/MOMENTUM/article/download/286/pdf>.
- [3] Arafat Y, Yulianto A. Pengaruh Quenching Terhadap Beban Impak Pada Besi Cor Kelabu. Universitas Muhammadiyah Surakarta; 2017.
- [4] Jati GN. Pengaruh Variasi Kandungan Magnesium (Mg) Dalam Proses Pembuatan Besi Cor Nodular Terhadap Kekuatan Dan Kekakuan Puntir. Universitas Muhammadiyah Surakarta; 2019.
- [5] Sudarmanto S. Pengaruh Penambahan Nikel Terhadap Kekuatan Tarik Dan Kekerasan Pada Besi Tuang Nodular 50. Angkasa J Ilm Bid Teknol [Internet]. 2017;8(2):41. Available from: <https://ejournals.itda.ac.id/index.php/angkasa/article/view/117/115>.
- [6] Sabarudin S, Suyatno A, Hermawan D. Peningkatan Kekerasan Fcd – 50 Dengan Proses Austemper , Cryogenic and Temper Ductile Iron ( Actdi ). In: Conference on Innovation and Application of Science and Technology (CIASTECH) [Internet]. Malang: LPPM Universitas Widyagama Malang; 2018. p. 563–72. Available from: <http://publishing-widyagama.ac.id/ejournal-v2/index.php/ciastech/article/view/667/618>.
- [7] Zamroji M. Analisa Pengaruh Heat Treatment (Hardening) Terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Besi COR Nodular (FCD 60). Universitas Pamulang; 2018.
- [8] De Jesus ADS, Soebiyakto G. Analisis Uji Tarik Dan Metalografi Sifat Mekanik Besi Tuang Kelabu (Fc-20) Dengan Proses Heat Treatment. Proton. 2018;10(1):25–9.

- [9] Soedarmadji W. Pengujian Impact Dan Mikrostruktur Terhadap Baja Per Daun [Internet]. Vol. 13, Cyber-Techn. 2019. Available from: <https://ojs.stt-pomosda.ac.id/index.php/cybertechn/article/view/52>
- [10] Sumpena, Wardoyo. Pengaruh Variasi Temperatur Hardening Dan Tempering Paduan AlMgSi-Fe12% Hasil Pengecoran Terhadap Kekerasan. J Engine. 2018;2(1):26–32.
- [11] Diniardi E, Iswahyudi. Sintek Vol 6 No 2 Analisa Pengaruh Heat Treatment Terhadap Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro Besi Cor Nodular (Fcd 60). SINTEK. 2012;6(2):45–54.
- [12] Saktisahdan TJ. Pengaruh Proses Heat Treatment Terhadap Perubahan Struktur Mikro Baja Karbon Rendah. J Laminar. 2019;1(1):28–33.
- [13] Yohanes DEP. pengaruh variasi media pendingin terhadap struktur mikro dan kekerasan besi cor kelabu FC25. Universitas Sanata Dharma Yogyakarta; 2019.
- [14] Pramono A. Karakteristik Mekanik Proses Hardening Baja Aisi 1045 Media Quenching Untuk Aplikasi Sprocket Rantai. J Ilm Tek Mesin Cakra M [Internet]. 2011;5(1):32–8. Available from: [www.uddeholm.com](http://www.uddeholm.com),
- [15] Mersilia A, Karo PK, Supriyatna YI. Pengaruh Heat Treatment dengan Variasi Media Quenching Air dan Oli terhadap Struktur Mikro dan Nilai Kekerasan Baja Pegas Daun AISI 6135. J Teor dan Apl Fis. 2016;4(02):175–80.