

Pengaruh temperatur dan waktu penahanan pada proses perlakuan panas *tempering* terhadap nilai kekerasan besi cor tahan abrasif standar ASTM A532 grade II

Firman Arif Rahman¹, Cecep Ruskandi², Roni Kusnowo²

¹ Mahasiswa Jurusan Teknologi Rekayasa Manufaktur, konsentrasi Teknologi Foundry, Politeknik Manufaktur Bandung, Jalan Kanayakan no.21 Kota Bandung, -40135, Indonesia. Hp. 081224887778.

² Dosen Jurusan Teknik Pengecoran Logam, Politeknik Manufaktur Bandung, Jalan Kanayakan no.21, kota Bandung – 40135.

* Email: brayendrasures13@gmail.com

INFO ARTIKEL

ABSTRAK

Article History:

Received

Accepted

Available online

Kata Kunci:

Tempering

ASTM A532 Grade II

Nilai kekerasan



Pembuatan benda coran *bottom & up side metal* dengan material ASTM A532 Grade II memiliki tuntutan yaitu kemampuan menahan abrasi (*abrasion resistant*) dan kemampuan permesinan yang baik. Kemampuan menahan abrasi bertolak belakang dengan kemampuan permesinan. Kemampuan permesinan meningkat dengan menurunnya nilai kekerasan sehingga dilakukan proses *Tempering* untuk menurunkan nilai kekerasan material ASTM A532 Grade II. Di Polman Bandung, belum didapatkan parameter temperatur dan waktu penahanan yang efektif untuk menurunkan nilai kekerasan material tersebut. Pada penelitian ini dibuat rancangan untuk proses *Tempering* material standar ASTM A532 Grade II dengan variasi temperatur 725°C dan 600°C serta waktu penahanan selama 15, 17, 19, 21, 23, dan 25 jam. Setelah percobaan, dilakukan pengujian kekerasan dan pengamatan struktur mikro untuk mengetahui perubahan fasa yang terjadi. Setelah dilakukan 12 kali percobaan, nilai kekerasan material paling rendah pada variasi temperatur 725°C sebesar 34 HRC setelah waktu penahanan 15 jam sedangkan nilai kekerasan paling rendah pada variasi temperatur 600°C sebesar 39 HRC setelah waktu penahanan 17 jam. Kondisi sampel uji yang digunakan telah dilakukan tahap destablisasi austenit pada temperatur 970°C kemudian ditahan selama 2 jam dilanjutkan dengan pendinginan cepat dengan media pendingin udara tiup. Penahanan pada temperatur 725°C dan 600°C serta waktu penahanan selama 15, 17, 19, 21, 23, dan 25 jam, dimaksudkan untuk mengubah fasa martensit yang terbentuk saat proses destablisasi austenit menjadi ferit dan karbida yang lebih stabil. Parameter yang paling efektif untuk memberikan nilai kekerasan terendah yaitu penahanan pada variasi temperatur 725°C dan waktu penahanan selama 15 jam dengan menghasilkan struktur mikro "*ferrite + granular carbides*".

1. PENDAHULUAN

Latar belakang penelitian ini diangkat dari studi kasus yang ada di bengkel Pengecoran Logam Polman Bandung. Pada kasus ini, terdapat pembuatan coran *bottom & up side metal* dengan material ASTM A532 Grade II yang memiliki tuntutan yaitu kemampuan menahan abrasif yang baik (*abrasion resistant*) dan kemampuan permesinan yang baik.

ASTM A532 Grade II merupakan material yang termasuk dalam besi cor tahan abrasi (ASTM, 2003) serta termasuk kelompok besi cor dengan paduan kromium tinggi. Sesuai dengan namanya, material ini mempunyai kemampuan tahan abrasi yang sangat baik. Kemampuan tahan abrasi ini sudah didapatkan dalam kondisi *as-cast* yang dapat dilihat dari nilai kekerasannya yang tinggi (ASTM, 2003).

Nilai kekerasan yang tinggi dari material ASTM A532 Grade II bertolak belakang dengan kemampuan proses permesinan yang baik. Untuk mendapatkan kemampuan permesinan yang baik, nilai kekerasan material harus diturunkan. Pada jurnal yang ditulis oleh Efremenko (2018) mengatakan, nilai kekerasan yang dapat diterima untuk proses permesinan yaitu dibawah 40 HRC. Untuk menurunkan nilai kekerasan material maka dilakukan proses perlakuan panas (V. G. Efremenko et al., 2018).

Perlakuan panas merupakan salah satu proses untuk mengubah struktur logam dengan memanaskan spesimen pada elektrik *furnace* (tungku) pada temperatur yang ditentukan selama periode waktu tertentu kemudian didinginkan pada media pendingin untuk mendapatkan sifat-sifat tertentu (Trihutomo, 2014). Terdapat beberapa jenis perlakuan panas pada material ASTM A532 Grade II salah satunya yaitu *Subcritical Treatment* atau *Tempering* (Laird, G., Gundlach, R., & Rohrig, 2000).

Tempering merupakan proses pemanasan kembali (*re-heating*) dibawah temperatur kritikal yang dilakukan setelah proses *hardening* (ASM, 1991). *Tempering* bertujuan untuk mengurai fasa martensit menjadi fasa ferit dan karbida yang lebih stabil (Laird, G., Gundlach, R., & Rohrig, 2000). Proses *Tempering* dapat menurunkan nilai kekerasan material (Laird, G., Gundlach, R., & Rohrig, 2000).

Di bengkel Pengecoran Logam Polman Bandung, belum didapatkan temperatur dan waktu penahanan yang efektif pada proses *Tempering* untuk menurunkan nilai kekerasan pada material ASTM A532 Grade II sehingga penelitian ini bertujuan mendapatkan parameter yang efektif untuk menurunkan nilai kekerasan material ASTM A532 Grade II.

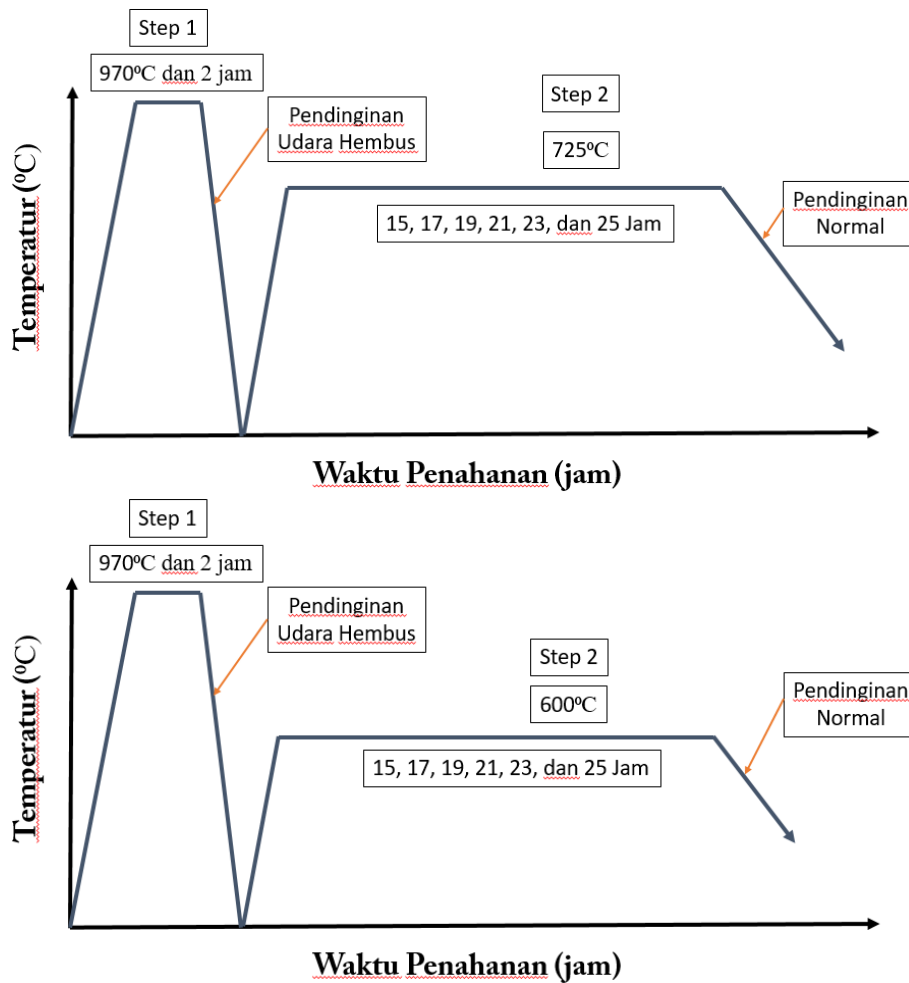
2. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini, dilakukan proses perlakuan panas yang bertujuan untuk melunakkan material logam. Efremenko (2018) pada jurnalnya menyebutkan proses perlakuan panas untuk menurunkan nilai kekerasan material tahan abrasif tersusun dari dua tahapan yaitu tahap destabilisasi austenit dan tahap *Tempering*. Sempel uji yang digunakan telah melalui tahap pertama (*Step 1*) yaitu destabilisasi austenit dimana sampel uji dipanaskan pada temperatur 970°C lalu ditahan pada temperatur tersebut selama 2 jam kemudian dilanjutkan dengan pendinginan udara tiup untuk mendapatkan fasa martensit sehingga penelitian ini berfokus pada tahap kedua yaitu *Tempering*.

Tahap berikutnya yaitu *Tempering (subcritical heat treatment)* dimana sampel dipanaskan pada variasi temperatur 725°C dan 600°C lalu ditahan pada temperatur tersebut selama 15, 17, 19, 21, 23, dan 25 jam kemudian dilanjutkan dengan pendinginan normal hingga suhu kamar. Penahanan pada temperatur 725°C dipilih untuk mengubah bentuk karbida menjadi bulat (V. G. Efremenko et al., 2018) sehingga mendapatkan nilai kekerasan yang rendah sedangkan temperatur 600°C dipilih berdasarkan rekomendasi Laird (2000) dan juga mengubah fasa austenit sisa menjadi perlit. Waktu penahanan yang dipilih dimulai dari 15 jam dikarenakan pada penelitian yang dilakukan Efremenko, nilai kekerasan sudah dapat menurun setelah waktu penahanan 15 jam mengikuti skema 4 (S4). Hasil penelitian Efremenko dapat dilihat pada gambar 3. 2 (V. G. Efremenko et al., 2018). Gambaran skema proses perlakuan panas yang dilakukan ditampilkan pada gambar 1.

Tabel 1. Komposisi kimia pada sampel uji

Persentase unsur (%)									
C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Cu	
2,71	0,56	0,53	0,02	0,01	15,32	1,35	0,62	0,33	



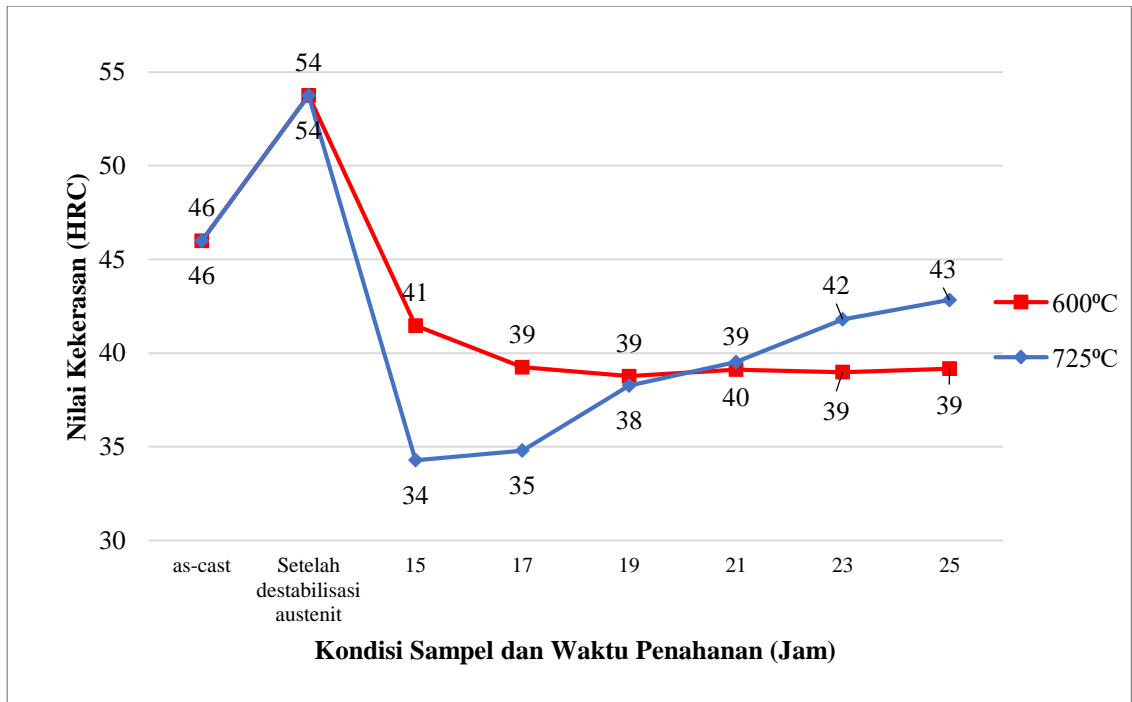
Gambar 1. Skema proses perlakuan panas

Sampel uji proses perlakuan panas menggunakan material dengan standar ASTM A532 Grade II dan merupakan benda *bottom & up side metal* kemudian dipotong dengan dimensi 30mm x 15mm x 10mm. Komposisi kimia sampel uji disajikan pada tabel 1. Setelah proses perlakuan panas dilakukan pengujian kekerasan dengan metode Rockwell C untuk melihat perubahan nilai kekerasan sampel uji dan dilakukan pengamatan metalografi dengan alat mikroskop optik dan *Scanning Electron Microscope* (SEM). Data yang dihasilkan berupa grafik nilai kekerasan dan analisa struktur mikro.

3. DATA DAN ANALISIS

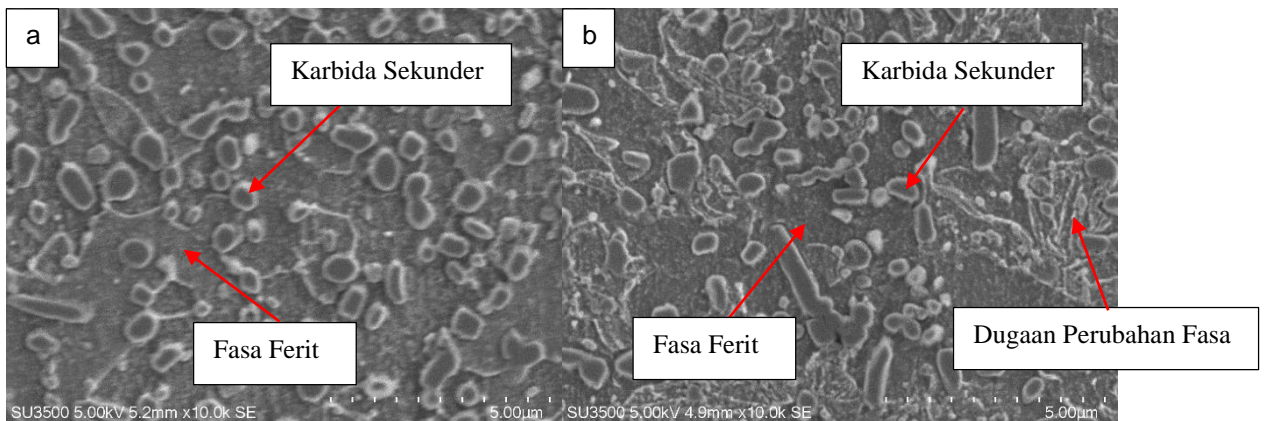
3.1 Pengujian kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan untuk mengetahui pengaruh temperatur dan waktu penahanan terhadap nilai kekerasan sampel uji. Gambar 2 merupakan grafik nilai kekerasan pada kondisi *as-cast*, setelah destablisasi austenit dan setelah *Tempering* dengan variasi temperatur dan waktu penahanan. Nilai yang tercantum pada grafik tersebut merupakan nilai kekerasan rata-rata dari 6 titik pengujian. Perhitungan nilai rata-rata kekerasan dapat dilihat pada lampiran 4. Pada grafik tersebut dapat terlihat bahwa sampel uji pada kondisi *as-cast* memiliki nilai kekerasan sebesar 46 HRC dan pada kondisi setelah destablisasi austenit memiliki nilai kekerasan 54 HRC. Pada variasi temperatur 725°C, waktu paling efektif untuk menurunkan nilai kekerasan dicapai setelah penahanan selama 15 jam dengan nilai kekerasan 34 HRC. Setelah penahanan selama 15 jam, terjadi kenaikan pada nilai kekerasan. Nilai kekerasan dapat naik dikarenakan terdapat pertumbuhan karbida sekunder. Pada variasi temperatur 600°C, waktu paling efektif untuk menurunkan nilai kekerasan dicapai setelah penahanan selama 17 jam dengan nilai kekerasan 39 HRC. Setelah penahanan selama 17 jam, tidak terjadi perubahan pada nilai kekerasan.



Gambar 2. Grafik Hasil Pengujian Kekerasan

3.2 Pengujian metalografi

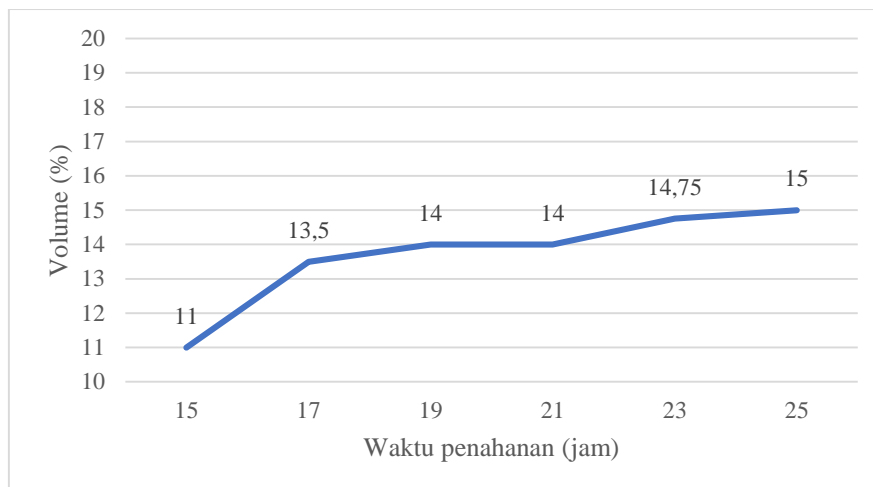


Gambar 3. Hasil pengujian metalografi setelah proses Tempering pada temperatur 725°C, a) 15 jam, b) 25 jam

Proses *Tempering* dilakukan setelah proses destablisasi austenit. Efremenko (2018) menjelaskan bahwa untuk mendapatkan nilai kekerasan yang rendah pada material *high chromium cast iron* dilakukan dua tahap proses perlakuan panas yaitu destablisasi austenit dan *Tempering*. Proses destablisasi austenit diperlukan untuk menghilangkan fasa austenit dengan mengubah austenit menjadi martensit + karbida sekunder dengan bentuk mendekati bulat (*near-granular*) dan proses *Tempering* diperlukan untuk mengubah fasa martensit menjadi ferit dan mengubah bentuk karbida sekunder menjadi bulat (*granular*) sehingga fasa akhir yang didapatkan yaitu "*ferrite + granular carbides*".

Pada proses destablisasi austenit dengan temperatur 970°C, terjadi ketidakstabilan fasa austenit dan dengan pendinginan yang cepat, austenit akan berubah menjadi martensit. Pada proses *Tempering*, terjadi penguraian fasa martensit yang menyebabkan nilai kekerasan sampel uji menurun. Atom karbon akan meninggalkan fasa martensit kemudian membentuk fasa karbida yang baru. Dengan menurunnya kelarutan karbon pada fasa martensit maka martensit berubah menjadi ferit. Pada gambar 3, struktur mikro yang terbentuk pada sampel uji temperatur 725°C dan 15 jam sesuai dengan yang

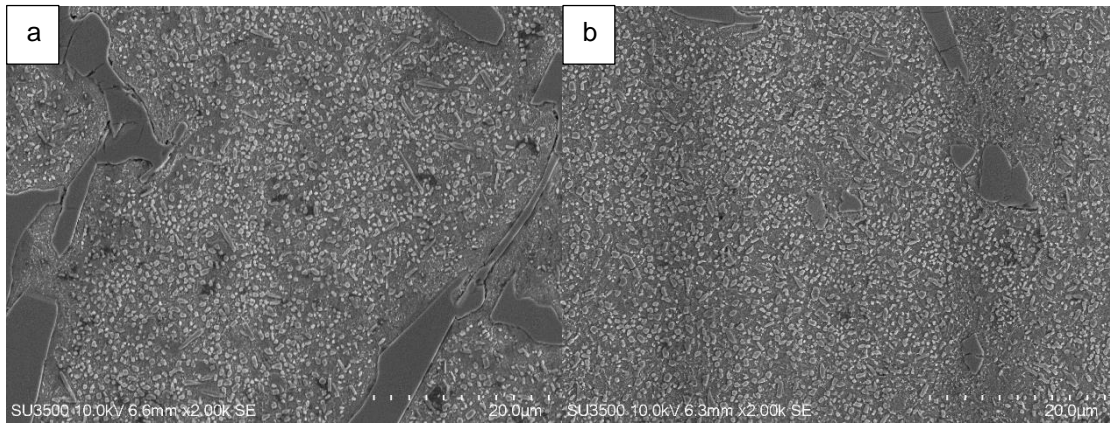
diinginkan yaitu “*ferrite + granular carbides*”. Tidak terlihat fasa lain yang terbentuk sehingga pada variasi ini, dihasilkan nilai kekerasan paling rendah yaitu 34 HRC.



Gambar 4. Fraksi volume karbida sekunder pada variasi temperatur 725°C

Pada temperatur 725°C dengan waktu penahanan 25 jam, didapatkan nilai kekerasan yang lebih tinggi dibandingkan dengan waktu penahanan 15 jam. Hal ini diakibatkan oleh adanya peningkatan fraksi volume karbida sekunder. seperti dijelaskan oleh (V. G. Efremenko et al., 2018) bahwa pada temperatur 725°C terjadi fenomena pengasaran atau pembesaran karbida sekunder. Pada gambar 3 a, dapat dilihat bahwa karbida sekunder cenderung bulat dengan ukuran yang kecil sedangkan pada gambar 3 b, karbida sekunder cenderung lonjong dengan ukuran lebih besar. Persentase fraksi volume karbida sekunder pada variasi temperatur 725°C ditampilkan pada gambar 4. Riansyah (2012) menjelaskan bahwa dengan meningkatnya fraksi volume dari karbida sekunder maka nilai dari kekerasan pada besi tuang putih akan mengalami peningkatan pula. Dari gambar 4 dapat dilihat bahwa dengan bertambahnya waktu, volume karbida sekunder pada matriks akan bertambah dan memungkinkan terjadinya perubahan nilai kekerasan. Perhitungan volume karbida sekunder menggunakan metode *point count* (Smallman, 1999).

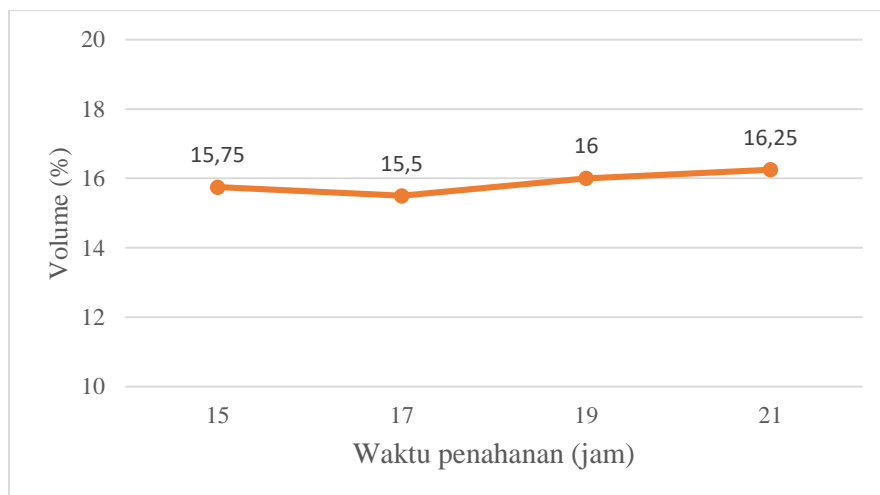
Pada sampel uji 3 b terdapat bagian garis halus yang diduga merupakan perubahan fasa. Terdapat dua jenis reaksi yang mungkin terjadi pada proses perlakuan panas *Tempering*. Pertama reaksi pengendapan karbida dari austenit yang menghasilkan destabilisasi austenit kemudian terjadi transformasi sisa austenit menjadi martensit pada pendinginan hingga suhu kamar. Reaksi kedua yaitu penguraian eutektoid yang mengakibatkan fasa austenit bertransformasi menjadi ferit dan paduan karbida (Laird, 2000). Efremenko (2018) menjelaskan pada saat proses *Tempering* fraksi volume austenite yang tersisa akan berkurang yang mencerminkan ada perubahan struktur mikro. Perubahan struktur mikro ini terjadi akibat proses *Tempering* dengan waktu panjang yang mengakibatkan sisa austenit menjadi tidak stabil dan berubah menjadi perlit ataupun martensit. Perubahan struktur mikro ini masih berupa dugaan.



Gambar 5. Hasil pengujian metalografi setelah proses Tempering pada temperatur 600°C, a) 15 jam, b) 21 jam

Pada variasi temperatur 600°C, terlihat struktur mikro karbida eutektik, fasa ferit dan karbida sekunder dengan bentuk mendekati bulat (*near-granular*). Karbida sekunder terbentuk pada proses destabilisasi austenit saat pendinginan cepat ke temperatur ruangan. Tidak terlihat perubahan bentuk pada karbida sekunder karena penahanan pada temperatur 600°C jauh dari garis A1 yang terdapat pada temperatur sekitar 760°C (V. G. Efremenko et al., 2018) yang mengakibatkan karbida sekunder tetap stabil. Fasa ferit terbentuk pada proses *Tempering* dimana terjadi penguraian fasa martensit yang menyebabkan nilai kekerasan sampel uji menurun. Atom karbon akan meninggalkan fasa martensit kemudian membentuk fasa karbida yang baru.

Dengan menurunnya kelarutan karbon pada fasa martensit maka martensit berubah menjadi ferit. Perubahan fasa martensit menjadi ferit pada variasi temperatur ini berjalan lebih lambat dibandingkan dengan variasi struktur mikro 725°C, sehingga nilai kekerasan pada sampel uji 7 masih memiliki nilai kekerasan yang lebih tinggi. Diduga masih terdapat fasa martensit yang belum berubah menjadi ferit namun tidak ditemukan struktur martensit pada gambar 5 a.



Gambar 6. Fraksi volume karbida sekunder pada variasi temperatur 600°C

Struktur mikro yang terbentuk pada variasi temperatur 600°C yaitu "*ferrite + near-granular carbides*". Tidak terlihat fasa lain yang terbentuk sehingga pada variasi ini gambar satu dengan yang lain tidak terlihat perbedaan yang signifikan. Dari fraksi volume karbida sekunder yang terbentuk tidak terjadi perubahan yang signifikan pula sehingga didapatkan hasil pengujian kekerasan yang tidak terjadi perubahan nilai kekerasan. Untuk variasi waktu 23 dan 25 jam, tidak dilakukan pengamatan struktur mikro karena diasumsikan hasil yang didapat akan sama seperti gambar lainnya.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

- Temperatur 725°C mendapatkan nilai kekerasan lebih rendah dengan waktu penahanan yang lebih sedikit dibandingkan dengan temperatur 600°C. Pada temperatur 725°C, terjadi fenomena pembesaran butiran karbida sekunder yang mengakibatkan nilai kekerasan kembali naik sedangkan pada temperatur 600°C tidak terjadi fenomena pembesaran butiran karbida sehingga nilai kekerasan tidak mengalami perubahan.
- Waktu paling efektif untuk menurunkan nilai kekerasan pada temperatur 725°C dicapai setelah penahanan selama 15 jam. Setelah penahanan selama 15 jam, terjadi kenaikan pada nilai kekerasan. Pada variasi temperatur 600°C, waktu paling efektif untuk menurunkan nilai kekerasan dicapai setelah penahanan selama 17 jam. Setelah penahanan selama 17 jam, tidak terjadi perubahan pada nilai kekerasan.
- Parameter terbaik untuk menurunkan nilai kekerasan yaitu pada temperatur 725°C dengan waktu penahanan selama 15 jam dengan menghasilkan nilai kekerasan 34 HRC.

4.2 Saran

- Penelitian ini hanya berfokus pada sampel uji dengan ketebalan 10mm. Untuk mengetahui bagaimana pengaruh temperatur dan waktu penahanan terhadap ketebalan yang bervariasi, disarankan untuk melakukan penelitian lebih lanjut.
- Struktur mikro yang terbentuk pada penelitian ini masih berupa dugaan, disarankan untuk melakukan pengujian XRD untuk memastikan fasa yang terbentuk setelah proses *Tempering*.
- Penelitian ini telah membuktikan proses *Tempering* dapat mengurangi nilai kekerasan material ASTM A532 Grade II. Melihat tuntutan lain pada benda ini yaitu ketahanan abrasif (*abrasion resistant*) maka disarankan untuk melakukan penelitian lebih lanjut mengenai kemampuan ketahanan abrasif pada material ASTM A532 Grade II setelah dilakukan proses *Tempering*.

DAFTAR PUSTAKA

- ASM Handbook Committee. (1991). *ASM Handbook Volume 4 "Heat Treating"*. USA: ASM Internasional.
- ASTM Committee. (2003). *ASTM A 532 "Abrasion-Resistant Cast Iron"*. USA: ASTM International.
- Efremenko, V. G., Wu, K. M., Chabak, Y. G., Shimizu, K., Isayev, O. B., & Kudin, V. V. (2018). Alternative Heat Treatments for Complex-Alloyed High-Cr Cast Iron Before Machining. *Metallurgical and Materials Transactions A*, 49(8), 3430-3440.
- Laird, G., Gundlach, R., & Rohrig, K. (2000). *Abrasion-resistant cast iron handbook* (p. 72). Illinois:
- Riansyah, Wali. (2012). *Pengaruh Temperatur Destabilisasi 850°C, 950°C dan 1050°C dengan Perlakuan Sub Zero terhadap Kekuatan Mekanik Besi Tuang Putih untuk Aplikasi Grinding Ball*. Universitas Indonesia.
- Smallman, R. E., Bishop, R. J. (1999). *Modern Physical Metallurgy and Materials Engineering*.
- Tihutomo, Prihanto. (2014). *Pengaruh Proses Annealing pada Hasil Pengelasan terhadap Sifat Mekanik Baja Karbon Rendah*. Universitas Negeri Malang.