

Analisis Kekerasan Permukaan Dan Struktur Mikro Baja SS400 Pada Metode *Pack Carburizing* Menggunakan Media Arang Tongkol Jagung Dengan Variasi Temperatur Pemanasan

Muhammad Abdul Azis

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail: muhammadazis@mhs.unesa.ac.id

Novi Sukma Drastiawati

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail: novidrastiawati@unesa.ac.id

Abstrak

Pemerintah mengimpor cangkul dari China untuk memenuhi kebutuhan cangkul dalam negeri. Dengan beredarnya cangkul China di pasaran membuat produk cangkul dalam negeri kalah bersaing dari segi kualitas kekerasannya. Oleh karena itu dilakukan penelitian dengan tujuan meningkatkan kualitas kekerasan permukaan bahan pembuat cangkul, yaitu material baja SS400 dengan menggunakan metode *pack carburizing*. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur pemanasan 850⁰C, 900⁰C, dan 950⁰C pada metode *pack carburizing* menggunakan media arang tongkol jagung terhadap kekerasan permukaan dan struktur mikro baja SS400. Metode yang digunakan pada penelitian ini yakni eksperimen *pack carburizing* material baja SS400 dimasukkan ke dalam kontainer yang sudah terisi campuran arang tongkol jagung 155 gram ditambah kalsium karbonat (CaCO₃) sebanyak 30 gram, kemudian kontainer ditutup dan dipanaskan menggunakan *muffle furnace* dengan temperatur 850⁰C, 900⁰C, dan 950⁰C, *holding time* 90 menit dan *quenching* media air. Penelitian menggunakan uji kekerasan berskala *vickers* dan uji struktur mikro. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa proses *pack carburizing* dengan variasi temperatur pemanasan 850⁰C, 900⁰C, dan 950⁰C berpengaruh terhadap kekerasan dan struktur mikro baja SS400. Nilai kekerasan tertinggi dari hasil penelitian ini adalah variasi temperatur pemanasan 950⁰ C sebesar 808,1 HV. Hasil pengujian struktur mikro terbentuk fasa martensit dan perlit pada permukaan material baja SS400.

Kata kunci : baja SS400, *pack carburizing* , tongkol jagung, variasi temperatur pemanasan, kekerasan, struktur mikro.

Abstract

The government imported from China to make ends meet of domestic hoe. With the release of Chinese hoe in the market, hoe domestically made products less competitive in terms of quality hardness. Therefore do research with the aim of improving the quality of the surface hardness of the hoe making materials, namely steel material SS400 by using the method pack carburizing. This study conducted to know influence of temperature variation warming 850⁰C, 900⁰C, and 950⁰C in pack carburizing method using corn cob charcoal media against the surface hardness and microstructure of steel SS400. The method is experimental pack carburizing steel SS400 material put in a container already filled mix charcoal plus 155 grams of corn cobs calcium carbonate (CaCO₃) as much as 30 grams, then the container is closed and using a muffle furnace heated to a temperature 850⁰C, 900⁰C, and 950⁰C, Holding time 90 minutes and quenching with water media. The test used in this study using vickers hardness test scale and micro structure test. These results indicate that the pack carburizing process with variations in heating temperature 850⁰C, 900⁰C, and 950⁰C affect hardness and microstructure of steel SS400, the hardness Value of the highest of the results of this study are the variation of the heating temperature 950⁰ C of 808,1 HV. The results of testing the micro structure of the formed phase martensite and pearlite on the surface of the steel material SS400.

Keywords : Steel SS400, *pack carburizing*, corn cobs, variations in heating temperature, hardness, microstructure

PENDAHULUAN

Baja merupakan suatu material yang mempunyai peranan penting dalam dunia industri. Baja sering kali digunakan

sebagai bahan dasar pembuatan komponen mesin maupun bahan konstruksi. Dengan banyaknya jenis baja yang ada di pasaran mengakibatkan perlunya melakukan

pemilihan baja yang memiliki efisiensi dan efektivitas yang tinggi untuk mendapatkan hasil yang optimal sesuai dengan keinginan. Hal ini pula yang mendorong industri-industri logam untuk terus melakukan pengembangan dalam meningkatkan mutu dan produksi guna memenuhi kebutuhan masyarakat dalam bidang konstruksi maupun pemesinan. Dalam aplikasi pemakaian dibidang konstruksi, baja karbon sering digunakan dalam pembuatan struktur atau rangka bangunan. Sedangkan dalam bidang pemesinan baja karbon sering digunakan sebagai bahan-bahan untuk pembuatan komponen roda gigi dan poros. Baja juga digunakan dalam bidang industri pertanian yaitu untuk pembuatan peralatan pertanian seperti cangkul, sabit, dan sekop (Mohammad Nurhilal, 2017).

Semakin berkembangnya teknologi dibidang industri baja, pemerintah justru melakukan impor perkakas pertanian non-mekanik, khususnya cangkul, sebesar 86.160 unit dari total kuota impor 1.500.000 unit menurut data Kementerian Perdagangan Republik Indonesia. Cangkul ini diimpor dari China. Tentunya dalam memenuhi kebutuhan cangkul dengan cara impor ini sangat merugikan bagi pengrajin cangkul lokal terutama industri rumah tangga dalam hal ini adalah pandai besi. Pengrajin lokal kesulitan menjajakan produknya karena tersaingi oleh produk impor dengan harga yang relatif sama akan tetapi dengan kualitas yang berbeda (Kompas.com, 2017).

Menurut M. Sidik Boedoyo (2005) Peralatan yang dibuat oleh pande besi lokal memiliki harga kekerasan yang lebih rendah bila dibandingkan dengan harga kekerasan peralatan yang dibuat oleh industri besar atau produk impor. Dengan harga kekerasan yang lebih rendah maka secara kualitas peralatan produk pandai besi lokal lebih rendah dari peralatan produk industri besar atau produk impor. Oleh karenanya perlu dilakukan penelitian guna meningkatkan kualitas produk pengrajin lokal yang diharapkan dapat menyangingi produk impor.

Dalam meningkatkan kualitas produk lokal, seringkali sifat keuletan atau ketangguhan sangat diperlukan, disamping itu juga sifat ketahanan ausnya. Dalam permasalahan ini diperlukan proses pengaturan pengerasan melalui perlakuan panas pada baja dengan tujuan mendapatkan peningkatan kekerasan pada daerah tertentu, ketahanan aus, dan daerah inti yang ulet dan tangguh (Mohammad Nurhilal, 2017).

Dalam ilmu bahan, kekerasan suatu baja karbon sangat berkaitan erat dengan kadar karbonnya. Semakin tinggi kadar karbon dalam suatu logam maka kemampuan logam tersebut untuk dikeraskan akan semakin baik. Teknik yang digunakan untuk mengeraskan suatu baja karbon sangat beragam. Secara umum ada dua teknik yaitu teknik difusi *thermokimia* dan proses difusi *thermal*. Teknik difusi *thermokimia* yang sering dipakai adalah *carburizing*, sedang proses difusi *thermal* yang sering dipakai adalah *flame hardening* dan *induction hardening* (*The International Journal of Thermal Technology*, 2002).

Salah satu cara untuk mendapatkan peningkatan kekerasan bagian permukaan pada baja adalah melalui proses penambahan unsur karbon yang dipanaskan pada

temperatur antara (850–1000°C) dan ditahan pada temperatur tersebut selama waktu tertentu. Proses ini dinamakan *carburizing* yang mengakibatkan karbon akan masuk ke dalam baja pada ketebalan tertentu. Dengan adanya perubahan sifat dari baja khususnya baja karbon yang dapat dilakukan dengan proses perlakuan panas maka sangatlah tepat jika adanya suatu penelitian yang bertujuan untuk menganalisa hasil dari proses perlakuan panas baja karbon untuk diketahui sifat fisis dan mekanisnya (Mohammad Nurhilal, 2017).

Dalam penelitian ini menggunakan spesimen uji baja SS400 dan media *pack carburizing* dari limbah pertanian. Limbah pertanian yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi adalah tongkol jagung (Suroño, 2011, Mangkau, et. al., 2011). Media tongkol jagung dipilih karena selama ini limbah tongkol jagung yang dihasilkan tidak dimanfaatkan dan hanya dibakar sehingga dapat menimbulkan permasalahan lingkungan. Tongkol jagung mengandung serat kasar yang cukup tinggi yakni 33%, kandungan selulosa sekitar 44,9% dan kandungan lignin sekitar 33,3% yang memungkinkan tongkol jagung dijadikan arang karbon (Marliani et. al., 2010).

Dari latar belakang di atas sehingga perlu dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh variasi temperatur terhadap kekerasan dan struktur mikro baja SS400 dengan metode *pack carburizing* dengan media serbuk arang tongkol jagung.

Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

- Bagaimana pengaruh variasi temperatur pemanasan dengan media serbuk arang tongkol jagung pada proses *pack carburizing* terhadap kekerasan permukaan dan struktur mikro baja SS400 ?
- Bagaimana perbandingan nilai kekerasan permukaan dan struktur mikro baja SS400 sebelum dan sesudah perlakuan *pack carburizing* pada cangkul lokal dengan cangkul impor tanpa perlakuan ?

Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

- Mengetahui pengaruh dari variasi temperatur dengan media serbuk arang tongkol jagung pada proses *pack carburizing* terhadap kekerasan permukaan dan struktur mikro baja SS400.
- Mengetahui perbandingan nilai kekerasan permukaan dan struktur mikro baja SS400 sebelum dan sesudah perlakuan *pack carburizing* pada cangkul salah satu pandai besi Plokal dengan cangkul impor tanpa perlakuan.

METODE

Jenis Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen, yaitu cara untuk mencari suatu hubungan sebab akibat antara beberapa faktor yang saling berpengaruh (Guy, 1981). Eksperimen dalam penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Pelapisan Logam Universitas Negeri Surabaya dan Laboratorium Pengujian Bahan Universitas Brawijaya dalam kondisi dan

peralatan yang disesuaikan guna memperoleh data tentang analisis kekerasan permukaan dan struktur mikro baja SS400 pada metode *pack carburizing* menggunakan media tongkol jagung dengan variasi temperatur pemanasan 850°C, 900°C, dan 950°C.

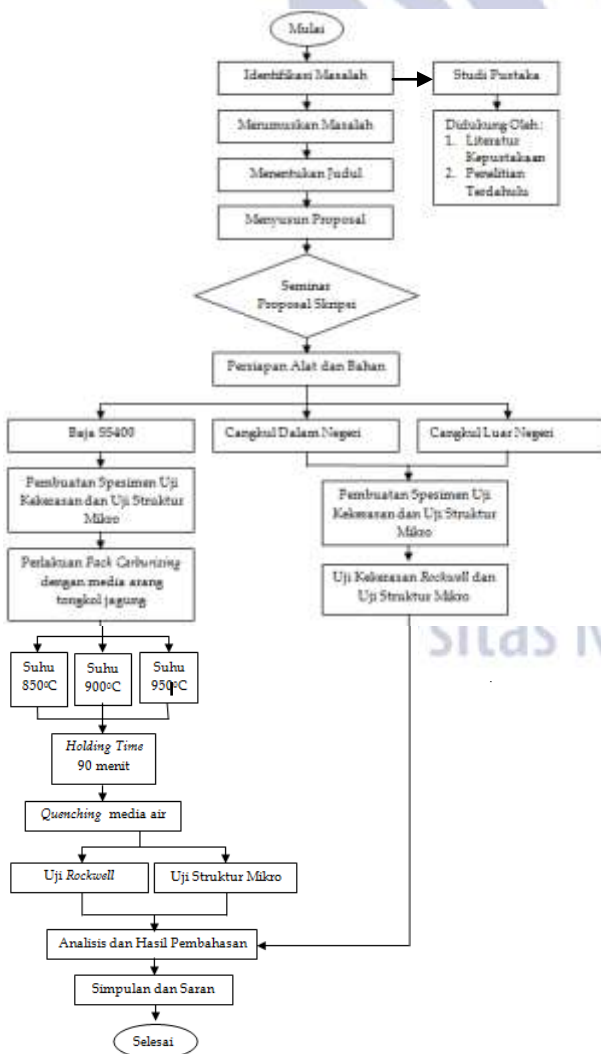
Tempat dan Waktu Penelitian

- Tempat penelitian
Penelitian proses *pack carburizing* dilakukan di Laboratorium Pelapisan Logam Universitas Negeri Surabaya dan pengujian kekerasan dan struktur mikro dilakukan di Laboratorium Pengujian Bahan Universitas Brawijaya.
- Waktu penelitian
Penelitian dilakukan pada tanggal 25 Maret 2019 - 20 Juni 2019.

Objek Penelitian

Obyek penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah Baja SS400 hasil *pack carburizing* media serbuk arang tongkol jagung dan katalisator CaCO₃.

Flowchart Penelitian



Gambar 1. Flowchart penelitian

Teknik Analisis Data

Penelitian ini menggunakan metode analisis statistik kuantitatif dengan mengumpulkan data - data atau informasi dari setiap hasil perubahan yang terjadi melalui eksperimen secara langsung dan dapat ditarik kesimpulan. Dalam penelitian ini maka akan dapat dibangun suatu teori yang dapat berfungsi untuk menjelaskan, meramalkan dan mengontrol suatu gejala (Sugiono, 2014:55). Dari data-data yang diperoleh akan disajikan dalam bentuk tabel dan dihitung untuk mengetahui seberapa besar tingkat pengaruh dari setiap variabel menggunakan metode anova tunggal (*One-way Anova*) dengan aplikasi SPSS 25 dan *Independent Sample T-Test* atau uji T. Sebelum dilakukan pengujian anova terlebih dahulu dilakukan uji normalitas dan uji homogenitas guna dipastikan bahwa data dari masing-masing varian berdistribusi normal dan sampel tidak berhubungan satu sama lain. Sehingga akan terlihat pengaruh atau tidaknya variasi temperatur pemanasan 850°C, 900°C, dan 950°C pada proses *pack carburizing* terhadap kekerasan permukaan dan struktur mikro material.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Kekerasan (*Hardness Test*)

- Pengujian tanpa proses *pack carburizing*

Pengujian kekerasan permukaan yang dipakai adalah metode *Rockwell* skala HRA menggunakan indenter kerucut intan 120° dan beban total sebesar 60 kgf yang dikonversikan ke *Vickers* (HV). Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Pengujian Bahan Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya. Sampel yang digunakan dalam pengujian ini adalah Baja SS400 sebelum perlakuan *pack carburizing*, cangkul salah satu pandai besi dalam negeri, dan cangkul luar negeri yang diberikan pembebanan pada 3 titik setiap spesimennya, dan dapat dideskripsikan sebagai berikut :

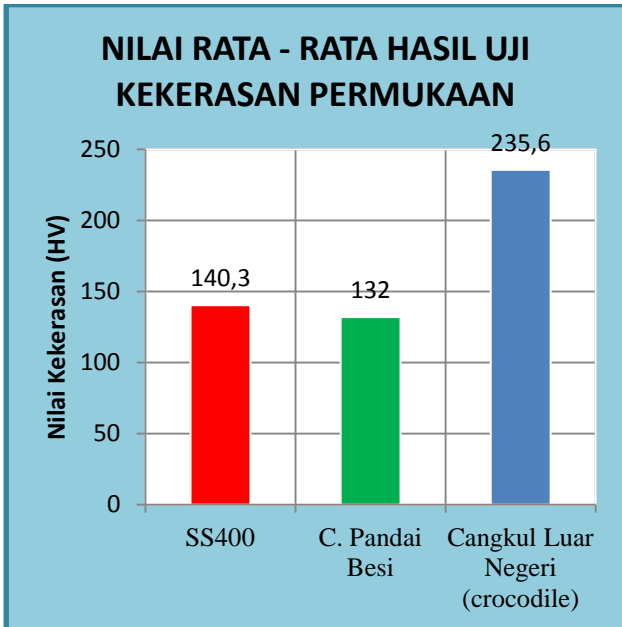
Dimensi : 100 mm x 50 mm x 2 mm

Jumlah : 3 Spesimen

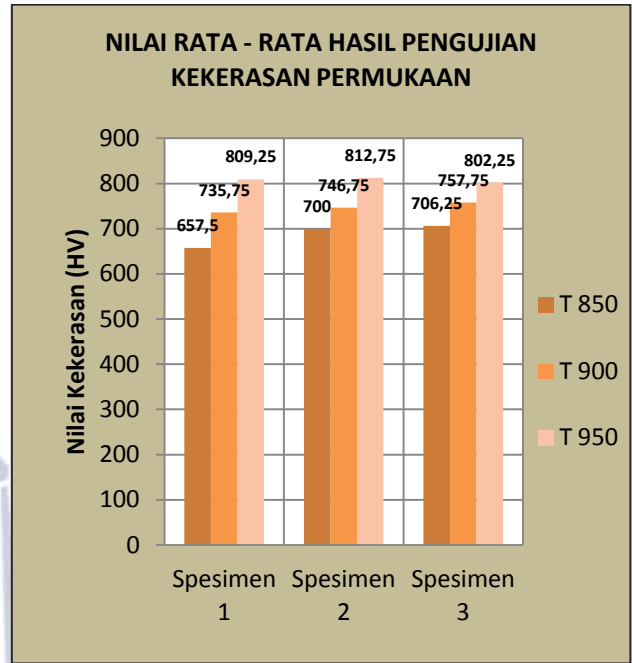


Gambar 2 Titik uji kekerasan

Hasil uji kekerasan pada Baja SS400 sebelum perlakuan *pack carburizing*, cangkul salah satu pandai besi dalam negeri, dan cangkul luar negeri.



Gambar 3. Diagram hasil rata-rata pengujian kekerasan Baja SS400 sebelum proses *pack carburizing*, cangkul dalam negeri, dan cangkul luar negeri



Gambar 5. Diagram hasil pengujian rata-rata kekerasan baja SS400 setelah perlakuan *pack carburizing* dengan variasi temperatur pemanasan.

• **Pengujian dengan proses *pack carburizing***

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kekerasan dari baja SS400. Pengujian ini dilakukan di labotarium pengujian bahan Universitas Brawijaya. Pengujian kekerasan berskala *vickers* yang diberikan pada spesimen uji menggunakan 4 titik pada setiap spesimennya, sampel yang akan digunakan dalam penelitian ini memiliki deskripsi sebagai berikut:

Jenis : SS400
 Dimensi : 100 mm x 50 mm x 2 mm
 Jumlah : 9 Spesimen



Gambar 4. Titik uji kekerasan

Dalam pengujian kekerasan permukaan pada baja SS400 yang telah dilakukan proses *pack carburizing* menggunakan media serbuk arang tongkol jagung dengan memvariasikan temperatur pemanasan yaitu : 850°C, 900°C, dan 950°C dengan *holding time* 90 menit. Dilanjutkan dengan proses *quenching* menggunakan media air. Berikut hasil pengukuran uji kekerasan yang tertera di gambar 5.

Dalam uji statistik metode anova didapatkan bahwasannya data nilai kekerasan berdistribusi normal dan bersifat homogen, serta dapat dipastikan bahwa ada pengaruh yang signifikan antara variasi temperatur pemanasan 850°C, 900°C, dan 950°C terhadap nilai kekerasan baja SS400.

Dalam pengujian *Independent Sample T-Test* atau uji T dapat diketahui bahwa ada pengaruh yang signifikan antara variasi temperatur 850°C dengan 900°C, ada pengaruh yang signifikan antara variasi temperatur 850°C dengan 950°C, dan ada pengaruh yang signifikan antara variasi temperatur 900°C dengan 950°C.

Hasil Uji Struktur Mikro

• **Pengujian tanpa proses *pack carburizing***

Pengamatan struktur mikro bertujuan untuk melihat perubahan struktur mikro atau sifat mekanik yang terjadi sebelum dan setelah mengalami proses *pack carburizing*. Perbesaran yang digunakan dalam pengamatan ini adalah 400 X dan resolusi 10µm, dimana perbesaran adalah perbandingan citra (gambar dua dimensi) objek dengan ukuran sebenarnya, dan resolusi adalah ukuran kejelasan citra (gambar dua dimensi) objek, resolusi yang lebih tinggi akan membuat gambar menjadi lebih jelas dan tajam. Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Pengujian Bahan Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.. sampel yang akan digunakan dalam penelitian ini memiliki deskripsi sebagai berikut:

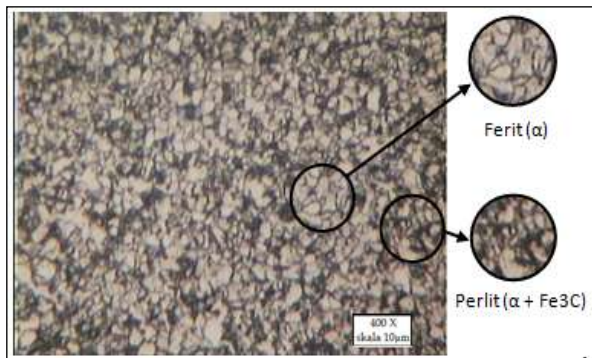
Dimensi : 15 mm x 15 mm x 2 mm
 Jumlah : 3 Spesimen



Gambar 6. Titik uji struktur mikro

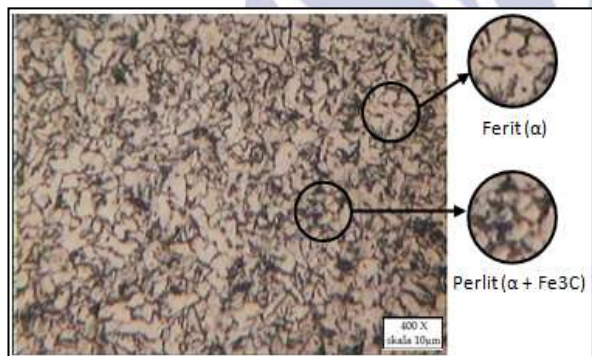
Berikut hasil uji struktur mikro :

- Baja SS400 sebelum proses *pack carburizing*



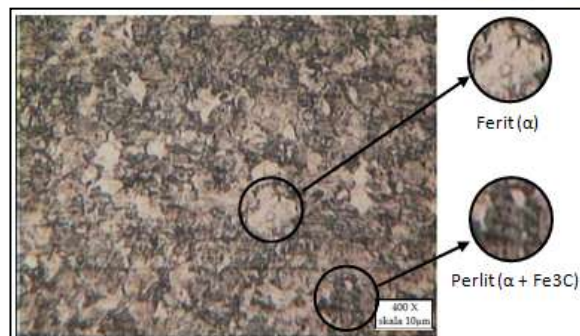
Gambar 7. Struktur mikro baja SS400 sebelum proses *pack carburizing*

- Cangkul dalam negeri



Gambar 8. Struktur mikro cangkul dalam negeri

- Cangkul luar negeri



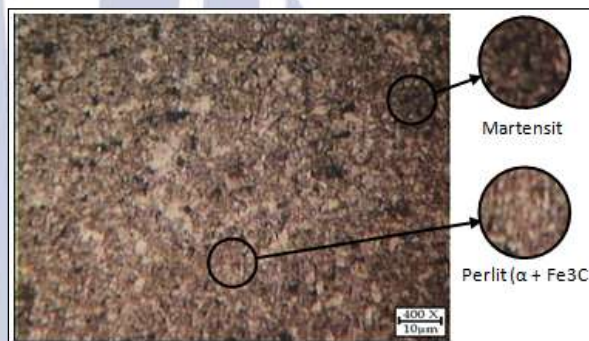
Gambar 9. Struktur mikro cangkul luar negeri

Pada gambar 7 menunjukkan hasil foto mikro terlihat fasa ferit dan fasa perlit. Fasa ferit ditunjukkan

dengan warna cerah sedangkan fasa perlit ditunjukkan gambar yang berwarna gelap. Fasa ferit lunak dan mempunyai kekuatan yang rendah, sedangkan perlit mempunyai sifat keras, ulet, dan kuat. Jumlah fasa ferit lebih banyak dari pada fasa perlit yang menandakan bahwa material tanpa perlakuan proses *pack carburizing* bersifat tidak keras namun ulet.

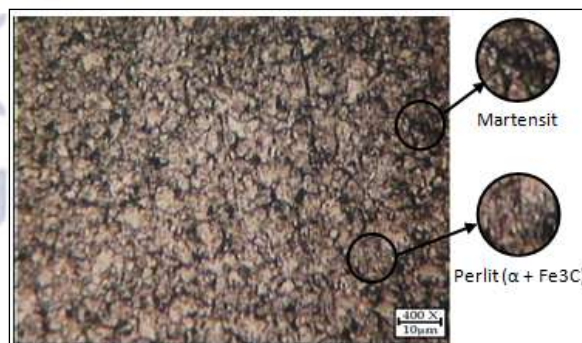
Pada gambar 9 menunjukkan struktur mikro yang paling baik, yakni struktur mikro cangkul luar negeri yang terlihat fasa perlitnya ditunjukkan warna kehitaman yang tersusun secara *lamellar* lebih dominan ketimbang struktur mikro cangkul dalam negeri (gambar 8) dan baja SS400 tanpa perlakuan (gambar 7). Hal ini juga diperkuat dari hasil pengujian kekerasan yang ditunjukkan pada gambar 3 didapatkan hasil bahwa nilai kekerasan cangkul luar negeri paling tinggi sebesar 235,6 HV daripada nilai kekerasan cangkul dalam negeri sebesar 132 HV dan baja SS400 tanpa perlakuan *pack carburizing* 140,3 HV.

- Pengujian dengan proses *pack carburizing*
 - Struktur mikro temperatur 850°C



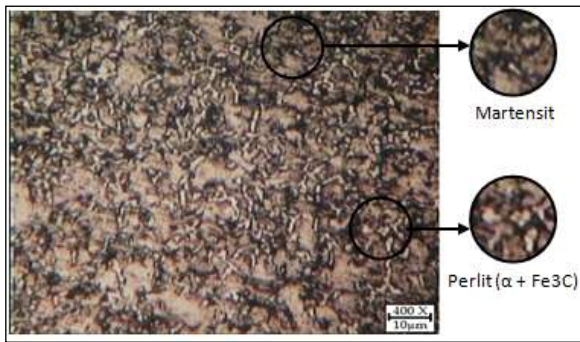
Gambar 11. Struktur mikro baja SS400 setelah proses *pack carburizing* dengan variasi temperatur pemanasan 850°C

- Struktur mikro temperatur 900°C



Gambar 12. Struktur mikro baja SS400 setelah proses *pack carburizing* dengan variasi temperatur pemanasan 900°C

- Struktur mikro temperatur 950°C



Gambar 13. Struktur mikro baja SS400 setelah proses *pack carburizing* dengan variasi temperatur pemanasan 950°C

Gambar 11-13 menunjukkan struktur mikro baja SS400 dengan proses *pack carburizing* variasi temperatur pemanasan 850°C, 900°C dan 950°C yang didinginkan (*quenching*) dengan media air dan dihasilkan reaksi *eutectoid* pada proses pendinginan dari temperatur austenisasi 850°C, 900°C dan 950°C sampai ke temperatur kamar. Dalam reaksi ini terjadi pembentukan fase perlit pada temperatur 723°C digaris A1, yang diperoleh dari campuran antara ferit (α) dan sementit (Fe_3C) dengan warna yang kehitaman berbentuk seperti pelat-pelat *lamellar* disusun secara bergantian. Struktur perlit ini mempunyai sifat keras, ulet, dan kuat. Kemudian dari temperatur 723°C turun sampai temperatur M_s dan berakhir pada temperatur M_f , fase yang terjadi pada proses ini adalah martensit. Baja pada fasa martensit akan memiliki sifat yang kuat dan keras, akan tetapi juga bersifat getas (Astrini, 2016). Struktur martensit dapat dilihat dalam foto mikro dengan fasa yang berwarna gelap dan berkumpul berbentuk seperti jarum. Dari gambar tersebut dapat dilihat fasa martensit lebih dominan daripada fasa perlit, sehingga dapat disimpulkan pada baja SS400 dengan proses *pack carburizing* variasi temperatur pemanasan 850°C, 900°C dan 950°C memiliki sifat mekanik keras, ulet, dan kuat, sesuai dengan tujuan penelitian.

Perbandingan nilai kekerasan baja SS400 sesudah proses *Pack Carburizing*, baja SS400 sebelum proses *Pack Carburizing*, cangkul dalam negeri, dan cangkul luar negeri.

Berikut pemaparan hasil nilai kekerasan ditinjau dari pengujian kekerasan dan didukung oleh struktur mikro semua material yaitu sebagai berikut :

- Cangkul salah satu pandai besi dalam negeri memiliki nilai kekerasan sebesar 132 HV. Hal ini dapat diasumsikan terjadi karena cangkul lokal kemungkinan besar hanya dikeraskan secara tradisional menggunakan tungku dan hanya dipanaskan dengan temperatur pemanasan yang rendah. Oleh karenanya perlunya peningkatan kekerasan pada permukaan material agar nilai kekerasan meningkat.

- Baja SS400 sebelum perlakuan *pack carburizing*, hanya memiliki nilai kekerasan sebesar 140,3 HV. Hal ini terjadi karena SS400 belum mengalami perlakuan penambahan karbon dengan pemanasan yang tinggi dan *holding time*, sehingga nilai kekerasannya cukup rendah dan hanya menghasilkan struktur mikro ferit dan perlit.
- Cangkul luar negeri merk *crocodile* memiliki nilai kekerasan sebesar 235,6 HV, lebih besar dari pada cangkul pandai besi lokal dan material SS400 tanpa *carburizing*, hal ini dapat diasumsikan terjadi karena proses pemanasan yang diatas temperatur cangkul lokal, sehingga nilai kekerasan lebih tinggi dari pada cangkul lokal.
- Baja SS400 menggunakan perlakuan *pack carburizing* dengan temperatur pemanasan 850°C, 900°C, 950°C memiliki nilai kekerasan tertinggi dibandingkan dengan Baja SS400 sebelum perlakuan *pack carburizing*, cangkul salah satu pandai besi lokal, dan cangkul impor merk *crocodile*. Hasil pengujian menunjukkan nilai kekerasan rata-rata yang tertinggi yakni pada temperatur pemanasan 950°C sebesar 808,1 HV, kemudian pada temperatur pemanasan 900°C mencapai 756,75 HV, dan pada temperatur pemanasan 850°C menghasilkan nilai kekerasan rata-rata yakni 687,9 HV. Dari struktur mikro dengan perbesaran 400X dapat dilihat bahwa struktur martensit yang paling banyak terdapat pada temperatur pemanasan 950°C, kemudian temperatur pemanasan 900°C, dan temperatur pemanasan 850°C. Berdasarkan data pengujian yang telah diperoleh kemudian di masukkan dalam data statistika yaitu SPSS 25 mendapatkan hasil nilai yang valid atau ada pengaruh yang signifikan variasi temperatur pemanasan 850°C, 900°C, 950°C dengan media serbuk arang tongkol jagung terhadap nilai kekerasan baja SS400.

Dari pemaparan perbandingan nilai kekerasan Baja SS400 sesudah perlakuan *pack carburizing* memiliki nilai kekerasan yang tinggi dibandingkan dengan Baja SS400 sebelum perlakuan *pack carburizing*, cangkul salah satu pandai besi dalam negeri, dan cangkul luar negeri merk *crocodile*. Sehingga penggunaan *pack carburizing* dapat diterapkan dan mampu meningkatkan nilai kekerasan pada material SS400.

PENUTUP Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Proses *pack carburizing* dari variasi temperatur pemanasan dengan media arang tongkol jagung berpengaruh terhadap kekerasan permukaan dan struktur mikro baja SS400, ditinjau dari tabel hasil pengujian kekerasan dan analisa data metode anova menggunakan aplikasi SPSS 25 didukung dengan gambar struktur mikro. Dimana nilai kekerasan yang tertinggi pada variasi temperatur 950°C sebesar 808,1 HV, didukung dengan struktur mikro fasa martensit yang lebih banyak dan dominan. Nilai kekerasan yang

terendah pada variasi temperatur 850°C sebesar 669,6 HV, dengan struktur mikro fasa martensit yang sedikit berkuang.

- Terdapat perbedaan yang signifikan nilai kekerasan permukaan dan struktur mikro dari material SS400 sebelum dan sesudah dilakukan proses *carburizing*, cangkul salah satu pandai besi dalam negeri, cangkul impor merk *crocodile*. Dimana nilai kekerasan yang tertinggi pada material SS400 sesudah *carburizing* dengan variasi temperatur 950°C sebesar 808,1 HV, didukung dengan struktur mikro fasa martensit yang lebih banyak dan dominan. Sedangkan nilai kekerasan pada material SS400 sebelum *carburizing* hanya 140,3 HV yang terdapat fasa perlit dan ferit, dan yang terendah pada cangkul salah satu pandai besi dalam negeri yaitu 132 HV, yang juga hanya terdapat fasa perlit dan ferit pada struktur mikronya.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat disarankan sebagai berikut:

- Harus memperhatikan kerapatan dari kontruksi kontainer untuk keberhasilan agar terjadi difusi karbon kedalam struktur baja melalui proses *pack carburizing* secara optimum.
- Diperlukan pengukuran kandungan karbon pada tiap-tiap kedalaman lapisan karburasi.
- Pengambilan spesimen dari dalam kontainer harus dilakukan secepat mungkin, agar proses pendinginan dapat berjalan optimal.
- Perlu perlakuan *tempering* untuk menghilangkan austenit sisa yang menyebabkan pengerasan baja kurang optimal.
- Diharapkan untuk penelitian selanjutnya meneliti seberapa pengaruh jumlah berat arang media pada proses *pack carburizing* terhadap sifat mekanik material.
- Diharapkan untuk penelitian selanjutnya menggunakan pengujian ketangguhan material, karena pada bahan pembuat cangkul selain harus mempunyai nilai kekerasan yang tinggi juga harus mempunyai nilai ketangguhan yang baik.

DAFTAR PUSTAKA

Amanto, H. dan Daryanto, 1999. *Ilmu Bahan*. Jakarta: Bumi Aksara.

Amstead, B.H., Ostwald, P.F., dan Begeman, M.L., 1995, *Teknologi Mekanik*, Jilid 1, Edisi Ketujuh, terj. Djaprie S., Jakarta : Erlangga.

Astrini, I. 2016. Pengaruh Heat Treatment Dengan Variasi Media Quenching Air Dan Oli Terhadap Struktur Mikro Dan Nilai Kekerasan Baja Pegas Daun Aisi 6135. Bandar Lampung: Universitas Lampung.

Berhitu, Pieter. 2014. *Jurnal Ilmu-ilmu Teknik dan Sains*. Vol. 11. No. 1. April 2014. Hal: 54-67. Ambon.

Callister, W. dan Rethwisch, D.G., 2009, *Materials Science And Engineering An Introduction Eighth Edition*. America: United State Of America, pp.800-823.

Callister, Wiliam D. 2007. *Material Science and Engineering 7th*. Kanada: John Wiley & Sons, Inc.

Davis, H, E., 1982, *The Testing of Engineering Materials*, Mc Graw Hill

Dieter, G.E., 1987. *Metallurgi Mekanik*, terj. Sriati D., Erlangga, Jakarta,hal. 6.

Haryadi, G.D. 2006. Pengaruh Suhu Tempering Terhadap Kekerasan, Kekuatan Tarik dan Struktur Mikro Pada Baja K-460. *Jurnal Teknik Mesin*. Volume8. No.2. Halaman 1-8.Inc., Auckland

Kurniawan, O. and Sukma Drastiawati, Novi. 2019. Pengaruh Variasi Media Arang Tempurung Kelapa, Tongkol Jagung, Dan Kayu Jati Pada Metode Pack Carburizing Terhadap Kekerasan Dan Struktur Mikro Baja SS400. *Jurnal Teknik Mesin*, 7(2).

Lathkin, Y. 1965. *Engineering Physical Metallurgy*. , Moscow: Foreign Language Publishing House.

Lorenz, K.J., Kulp, K., 1991. *Handbook of Cereal Science and Technology Inc.*, New York: Marcel Dekker.

Malau, V. 1999. *Pengetahuan Bahan Teknik dan Manufaktur*. (Diktat Bahan Kuliah S2). Yogyakarta: Universitas Sanata Dharma.

Mizhar, S., Suherman. 2011. *Pengaruh Perbedaan Kondisi Tempering Terhadap Struktur Mikro dan Kekerasan dari Baja AISI 440*. *Jurnal Dinamis*. Vol. 2, No.8.

Moeleong, Lexy, J. 2000. *Metodologi Penelitian Kualitatif*. Bandung: PT. Remaja Rosdakarya.

Mutmainah. 2012. Pembuatan Arang Aktif Bonggol Jagung dan Aplikasinya Pada Pengolahan Minyak Jelantah. Skripsi. Palu: Program Studi Pendidikan Kimia FKIP Universitas Tadulako.

Nur, I. Junaidi dan Hanwar, O. 2005. Analisis Pengaruh Media Pendingin dari Proses Perlakuan Panas terhadap Kekuatan Sambungan Pegas Daun dengan Las Smaw. *Jurnal Teknik Mesin*. Vol. 2 No. 1. Hal 18-23

Schonmetz A. dan Gruber K. 1994. *Pengetahuan Bahan dalam Pengerjaan Logam* (Alih Bahasa: Dip-Ing. Eddy D. Hardjapamekas). Bandung: Penerbit Angkasa.

Setyowati, Tri Wahyulis dkk, 2010. Analisis Data, Makalah. Yogyakarta: Fakultas Ilmu Pendidikan Universitas Negeri Yogyakarta.

- Sugiyono. 2014. Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif Dan R&D. Bandung: Alfabeta.
- Suherman. 1988. *Ilmu Logam III*. Surabaya: Teknik Mesin Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Tri. Joko Wardoyo., 2005. Metode Peningkatan Tegangan Tarik Dan Kekerasan Pada Baja Karbon Rendah Melalui Baja Fasa Ganda. Issn 0853-8697.
- Vlack, Lawrence H. Van., 2004, *Elemen-elemen Ilmu dan Rekayasa Material*, Diterjemahkan oleh Sriati Djaprie, Jakarta: Erlangga.
- William, D and Callister, J.R. 1997. *Material Sciene and Engineering an Introduction fourth Edition*. USA: John Willey and Sons, Inc.
- Wirjosumarto, H., 2004, *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta : PT. Pradya Paramita.
- Yogantoro A. 2010. Tugas Akhir: Penelitian Pengaruh Variasi Temperatur Pemanasan Low Tempering, Medium Tempering dan High Tempering pada Struktur Mikro, Kekerasan dan Ketangguhan. Surabaya: UMS.
- Yusman, Fakhrizal. 2018. Pengaruh Media Pendingin Pada Proses Quenching Terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro Baja AISI 1045. Bandar Lampung: FT Universitas Lampung

