

Analisis Kekerasan Permukaan Dan Struktur Mikro Baja SS400 Menggunakan Metode *Pack Carburizing* Media Arang Tempurung Kelapa Dengan Variasi Konsentrasi Serbuk Cangkang Keong Mas Sebagai Katalisator

Nachlah Hadi

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

Novi Sukma Drastiawati

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

Abstrak

Cangkul merupakan alat pertanian yang digunakan dalam proses pengolahan tanah. Bereedarnya cangkul China di pasaran membuat pande besi cangkul Indonesia kalah bersaing dengan produk China dari segi kualitas kekerasan mata cangkul. Oleh karena itu dilakukan penelitian dengan tujuan meningkatkan kualitas kekerasan permukaan bahan pembuatan cangkul yaitu, SS400 dengan menggunakan metode *pack carburizing*. Metode yang digunakan pada penelitian ini yakni eksperimen kualitatif dan eksperimen kuantitatif dengan proses *pack carburizing* material baja SS400 dimasukkan ke dalam kontainer yang sudah terisi campuran serbuk arang tempurung kelapa dan serbuk arang cangkang keong mas dengan konsentrasi serbuk arang cangkang keong mas 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50% dari 300 gram, kemudian bejana ditutup dipanaskan menggunakan *muffle furnace* dengan temperatur 950⁰C, *holding time* 60 menit dan *quenching* dengan media air. Pengujian yang digunakan uji kekerasan berskala *vickers* dan uji struktur mikro. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa proses *pack carburizing* dengan variasi konsentrasi serbuk arang cangkang keong mas 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50% berpengaruh terhadap kekerasan permukaan dan struktur mikro baja SS400. Nilai kekerasan yang tertinggi dari hasil penelitian ini adalah variasi 40% serbuk arang cangkang keong mas dan 60% serbuk arang tempurung kelapa sebesar 906,7 HV. Hasil pengujian struktur mikro terbentuk fasa martensit dan fasa perlit pada permukaan material baja SS400.

Kata kunci : baja SS400, *pack carburizing* , serbuk arang cangkang keong mas, variasi konsentrasi, kekerasan, struktur mikro.

Abstract

Hoe is an agricultural tool used in the process of tillage. The circulating of Chinese hoe the market has made Indonesian hoe iron pellers unable to compete with Chinese products in terms of the quality of hoe defense. Therefore a study was conducted with the aim of iproving the surface defenses of the hoe making material, SS400 by using the carburizing method. The method used in this study is a qualitative and quanitative reserch using SS400 steel carburizing material package put into a container that has been filled with a mixture of coconut shell charcoal powder and shell snail charcoal powder with mas of 10%, 20%, 30%, 40%, and 50% of 300 grams, then the container is closed and heated using muffle furnace with a temperatur of 950⁰ C, holding time 60 minutes and quenching with water. The testing used test hardess testing vickers and microstructure. The results of this study indicate that the pack carburizing process with a variation mas shell snail charcoal powder 10%, 20%, 30%, 40\$, and 50% effect on hardness and microstructure of steel SS400 the value of the highest violence from the results of this research is a variation mas 40% shell snail charcoal powder and 60% of coconut shell charcoalpowder 906.7 HV. The results of the testing phase martensit formed microstructure and material surface steel perlit SS400.

Keywords : Steel SS400, *pack carburizing*, charcoal powder of snail shell, , hardness, microstructure.

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara agraris yang mengandalkan sektor pertanian baik sebagai sumber mata pencaharian maupun sebagai penopang pembangunan. Namun produktivitas pertanian masih jauh dari harapan. Faktor penyebab utama yaitu hama dan penyakit yang menyerang tanaman yang dibudidayakan. Hasil produksi

tanaman padi di Indonesia belum bisa memenuhi target kebutuhan masyarakat karena ada di beberapa daerah di Indonesia yang masih mengalami kelaparan. Indonesia sendiri masih melakukan *import* kebutuhan beras dari negara lain (Agriculture Sector Review Indonesia, 2003).

Hama yang sering menyerang petani padi atau tambak adalah hama keong mas, dimana untuk petani padi keong mas ini sangat merugikan, karena keong

muda dan tua menyerang atau memakan daun, batang, dan akar tanaman padi yang masih muda dibawah umur 15 hari setelah tanam sehingga jika serangan berat dalam waktu singkat akan menghancurkan semua tanaman padi yg baru ditanam. Disamping merugikan keong mas sendiri mempunyai kelebihan dimana di dalam cangkang keong mas mengandung kalsium karbonat (CaCO₃) yang dapat dijadikan sebagai katalisator alternatif di dalam proses karburisasi padat proses karburisasi (Amanto, H. & Daryanto, 1999).

Disamping sektor pertanian, sektor industri baja dan logam pun sebagai penopang pembangunan di Indonesia. Baja adalah logam paduan, logam besi yang berfungsi sebagai unsur dasar dicampur dengan beberapa elemen lainnya, termasuk unsur karbon. Baja karbon sendiri sering digunakan untuk membuat komponen otomotif dan kebutuhan rumah tangga maupun kebutuhan pertanian. Baja karbon memiliki tiga macam jenis yaitu baja karbon rendah, baja karbon menengah, dan baja karbon tinggi. Baja karbon rendah mengandung karbon antara 0,025% – 0,25% C. Material ini tidak dapat dikeraskan (*hardening*) atau perlakuan panas (*heat treatment*) melalui proses *quench and temper*. Material ini hanya bisa dikeraskan melalui pengerasan permukaan (*surface hardening*) seperti karburisasi atau *carburizing* (Bambang Kuswanto, 2010).

Cangkul merupakan alat pertanian tradisional yang digunakan dalam proses pengolahan tanah pada lahan pertanian. Alat ini merupakan elemen penting dalam bidang pertanian terutama pertanian ladang kering. Cangkul dibuat dari baja sehingga alat ini sangat kuat. Akhir-akhir ini banyak berita yang mengatakan bahwa Indonesia telah mengimport cangkul dari negeri tirai bambu, dimana kegiatan ini mengakibatkan kerugian dan mematikan industri dalam negeri khususnya kepada pengrajin cangkul dalam negeri. Pemerintah sendiri menyediakan baja SS400 yang akan digunakan untuk bahan dasar cangkul. Baja SS400 sendiri termasuk golongan baja karbon rendah, dimana harus memerlukan proses pengerasan permukaan guna untuk menambah tingkat kekerasan yang diinginkan. Dimana untuk menambah kekerasan yang diinginkan, menggunakan metode *carburizing*. Proses penambahan karbon (*carburizing*) pada baja karbon rendah, bertujuan untuk menambah kandungan karbon agar bisa ditingkatkan kekerasannya. *Pack carburizing* adalah salah satu metode yang digunakan untuk menambah kandungan karbon didalam baja dengan menggunakan media padat.

Dari latar belakang di atas sehingga perlu dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh variasi konsentrasi serbuk arang cangkang keong mas terhadap kekerasan dan struktur mikro baja SS400 dengan metode *pack carburizing* dengan media

serbuk arang tempurung kelapa.

Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

- Bagaimana pengaruh variasi konsentrasi serbuk arang cangkang keong mas pada proses *pack carburizing* terhadap kekerasan permukaan baja SS400 ?
- Bagaimana pengaruh variasi konsentrasi serbuk arang cangkang keong mas pada proses *pack carburizing* terhadap 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 konsentrasi serbuk arang cangkang keong mas pada metode *pack carburizing* terhadap kekerasan permukaan baja SS400.
- Mengetahui pengaruh dari variasi konsentrasi serbuk arang cangkang keong mas pada metode *pack carburizing* terhadap struktur mikro baja SS400.
- Mengetahui perbandingan nilai kekerasan yang terdapat pada 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 kualitatif dan eksperimen kuantitatif, yaitu cara untuk mencari suatu hubungan sebab akibat antara beberapa faktor yang saling berpengaruh. kspirimen 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 serbuk arang tempurung kelapa dengan variasi konsentrasi serbuk cangkang keong mas 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50%.

Tempat dan Waktu Penelitian

- Tempat penelitian
Penelitian proses *pack carburizing* dilakukan di Laboratorium Pelapisan Logam Universitas Negeri Surabaya dan pengujian kekerasan dan struktur mikro

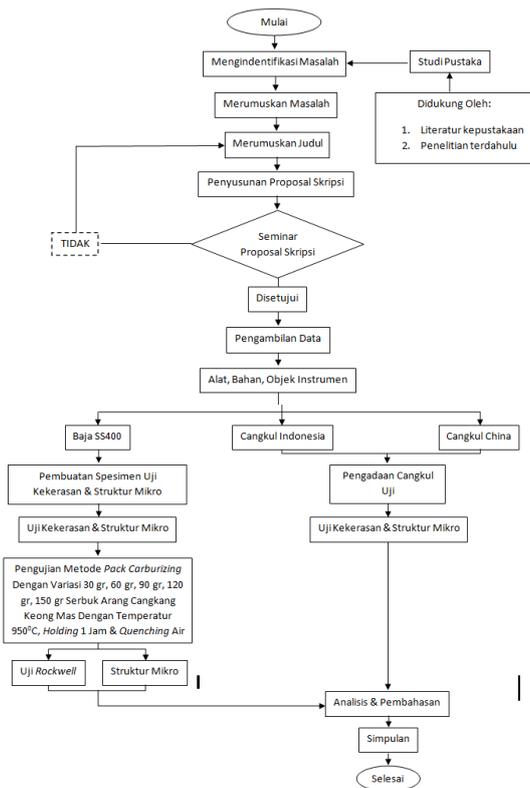
dilakukan di Laboratorium Pengujian Bahan Universitas Brawijaya.

- 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 tempurung kelapa dan katalisator serbuk arang cangkang keong mas.

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 konsentrasi serbuk arang cangkang keong mas 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50% 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 yang dikonversikan ke *vickers*(HV) 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 Indonesia, dan cangkul China yang diberikan pembebanan pada 3 titik setiap spesimennya, dan dapat diseskripsikan sebagai berikut:

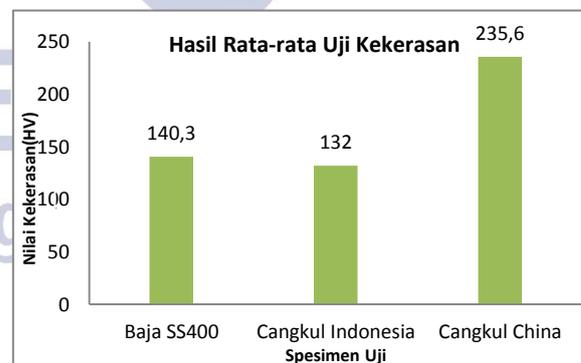
Dimensi : 100 mm x 50 mm x 2 mm

Jumlah : 3 spesimen

Gambar 2 Titik Uji Kekerasan



Hasil uji kekerasan pada Baja SS400 sebelum perlakuan *pack carburizing*, cangkul Indonesia, dan cangkul China.



Gambar 3. Diagram Rata-Rata Pengujian Kekerasan Baja SS400 Sebelum Proses *Pack Carburizing*, Cangkul Indonesia, Dan Cangkul China

- **Pengujian dengan proses *pack carburizing***

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kekerasan dari baja SS400 yang telah di proses *pack carburizing*. Pengujian kekerasan dilakukan di

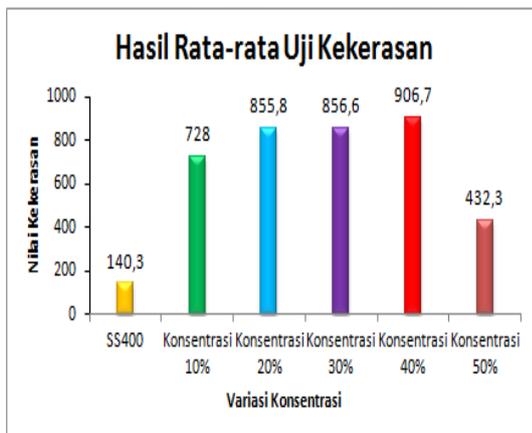
labotarium pengujian bahan Universitas Brawijaya. Pengujian kekerasan berskala *vickers* yang diberikan pada spesimen uji menggunakan 3 titik pada setiap spesimennya, sampel yang akan digunakan dalam penelitian ini memiliki deskripsi sebagai berikut:

- Jenis : SS400
- Dimensi : 100 mm x 50 mm x 2 mm
- Jumlah : 15 Spesimen



Gambar 4. Titik Uji Kekerasan

Dalam pengujian kekerasan permukaan pada baja SS400 menggunakan media serbuk arang cangkang keong mas yaitu : 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50% dengan *holding time* 60 menit. Dilanjutkan dengan proses *quenching* menggunakan media air. Berikut hasil pengujian kekerasan tertera di gambar 5.



Gambar 5. Diagram Hasil Pengujian Rata-Rata Kekerasan Baja SS400 Setelah Perlakuan *Pack Carburizing* Dengan Variasi Konsentrasi Serbuk Arang Cangkang Keong Mas.

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 konsentrasi serbuk arang cangkang keong mas terhadap nilai kekerasan baja SS400.

Dalam pengujian *Independent Sample T-Test* atau uji T dapat diketahui bahwa ada pengaruh yang signifikan antara variasi serbuk arang cangkang keong mas 10% dengan 40% dan 50%

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 perbesaran 400 X dengan skala 10µm, dimana perbesaran adalah perbandingan gambar objek dengan ukuran sebenarnya, dan skala adalah kejelasan gambar, skala 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:

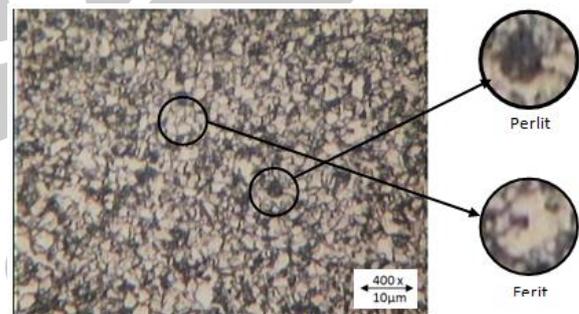
- Dimensi : 15 mm x 15 mm x 2 mm
- Jumlah : 3 Spesimen



Gambar 6. Titik uji struktur mikro

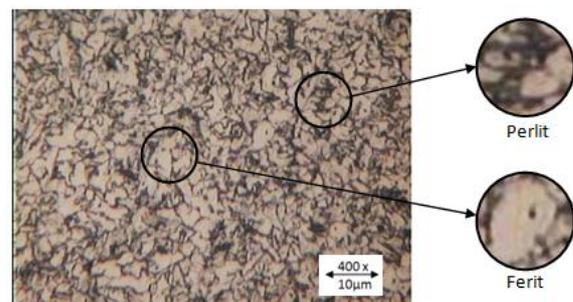
Berikut hasil uji struktur mikro :

- Baja SS400 sebelum proses *pack carburizing*



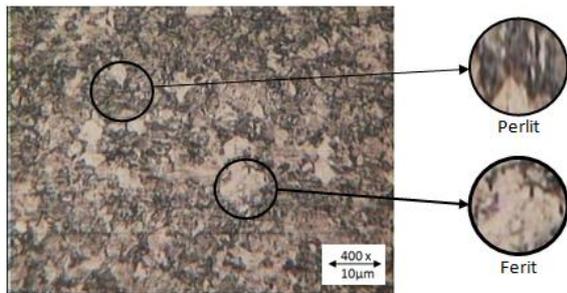
Gambar 7. Struktur Mikro Baja SS400 Sebelum Proses *Pack Carburizing*

- Cangkul Indonesia



Gambar 8. Struktur Mikro Cangkul Indonesia

- Cangkul China



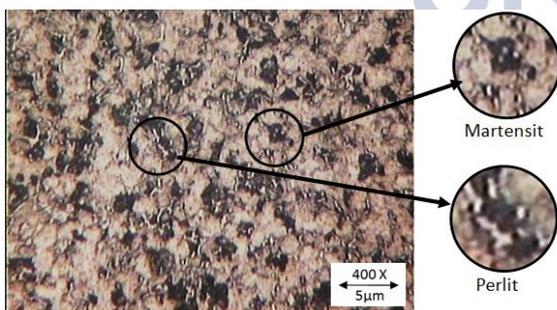
Gambar 9. Struktur mikro cangkul China

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 China yang terlihat fasa perlitnya ditunjukkan warna kehitaman yang tersusun secara *lamellar* lebih dominan ketimbang struktur mikro cangkul Indonesia (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 China paling tinggi sebesar 235,6 HV daripada nilai kekerasan cangkul Indonesia sebesar 132 HV dan baja SS400 tanpa perlakuan *pack carburizing* 140,3 HV.

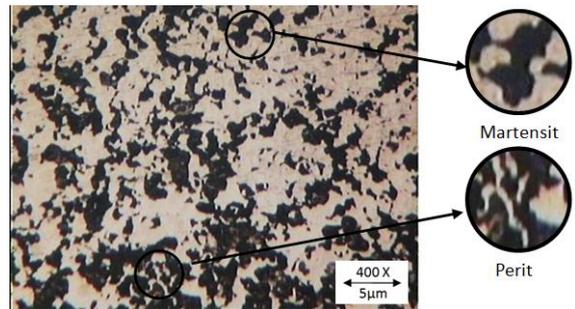
- Pengujian dengan proses *pack carburizing*

- Struktur mikro konsentrasi 10% serbuk arang cangkang keong mas, 90% serbuk arang tempurung kelapa



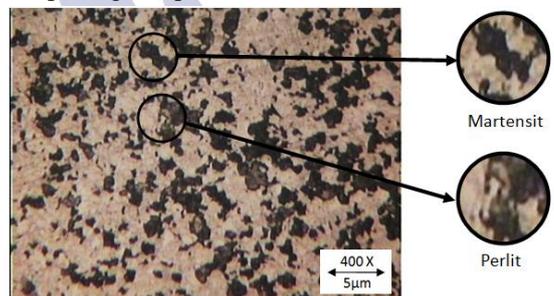
Gambar 10. Struktur Mikro Baja SS400 Setelah Proses *Pack Carburizing* Dengan Variasi Konsentrasi 10%

- Struktur mikro konsentrasi 20% serbuk arang cangkang keong mas, 80% serbuk arang tempurung kelapa



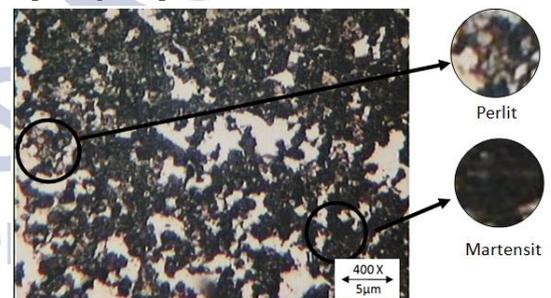
Gambar 11. Struktur Mikro Baja SS400 Setelah Proses *Pack Carburizing* Dengan Variasi Konsentrasi 20%

- Struktur mikro konsentrasi 30% serbuk arang cangkang keong mas, 70% serbuk arang tempurung kelapa



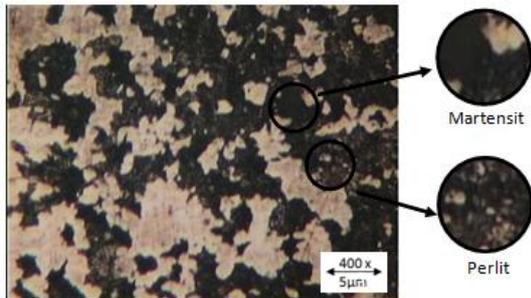
Gambar 12. Struktur Mikro Baja SS400 Setelah Proses *Pack Carburizing* Dengan Variasi Konsentrasi 30%

- Struktur mikro konsentrasi 40% serbuk arang cangkang keong mas, 50% serbuk arang tempurung kelapa



Gambar 13. Struktur Mikro Baja SS400 Setelah Proses *Pack Carburizing* Dengan Variasi Konsentrasi 40%

- Struktur mikro konsentrasi 50% serbuk arang cangkang keong mas, 50% serbuk arang tempurung kelapa



Gambar 14. Struktur Mikro Baja SS400 Setelah Proses *Pack Carburizing* Dengan Variasi Konsentrasi 50%

Gambar 01-14 menunjukkan struktur mikro baja SS400 dengan proses *pack carburizing* variasi konsentrasi serbuk arang cangkang keong mas 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50% di *quenching* dengan media air dan dihasilkan reaksi *eutectoid* pada proses pendinginan dari temperatur austenisasi 950°C sampai ke temperatur kamar. Dalam reaksi ini terjadi pembentukan fase perlit pada temperatur 723°C , 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 blok-blok kecil. Dari gambar tersebut dapat dilihat fasa martensit lebih dominan daripada fasa perlit, sehingga dapat disimpulkan bahwa pada baja SS400 dengan proses *pack carburizing* variasi konsentrasi 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50% 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 Indonesia memiliki nilai kekerasan sebesar 132 HV. Hal ini dapat diasumsikan terjadi karena cangkul Indonesia 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 China merk *crocodile* memiliki nilai kekerasan sebesar 235,6 HV, lebih besar dari pada cangkul Indonesia dan material SS400 tanpa *carburizing*, hal ini dapat diasumsikan terjadi karena proses pemanasan yang diatas temperatur cangkul Indonesia, sehingga nilai kekerasan lebih tinggi dari pada cangkul Indonesia.
- Baja SS400 menggunakan perlakuan *pack carburizing* dengan variasi konsentrasi 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50% memiliki nilai kekerasan tertinggi dibandingkan dengan Baja SS400 sebelum perlakuan *pack carburizing*, cangkul Indonesia, dan cangkul China merk *crocodile*. Hasil pengujian menunjukkan nilai kekerasan rata-rata yang tertinggi yakni pada konsentrasi 40% sebesar 906,7 HV, kemudian pada konsentrasi 30% sebesar 856,6 HV, kemudian pada konsentrasi 20% sebesar 855,8 HV, kemudian pada konsentrasi 10% sebesar 728 HV, dan yang paling rendah pada konsentrasi 50% sebesar 432,3 HV. temperatur pemanasan 900°C mencapai 756,75 HV, dan pada temperatur pemanasan 850°C menghasilkan nilai kekerasan rata-rata yakni 687,9 HV.

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 Indonesia, dan cangkul China 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:

- Pengaruh serbuk arang cangkang keong mas pada proses *pack carburizing* terhadap nilai kekerasan

sangat signifikan, dimana nilai kekerasan yang tertinggi dari penelitian ini didapat dari konsentrasi 40% serbuk arang cangkang keong mas dan 60% serbuk arang tempurung kelapa dengan nilai 906,7 HV dan didapatkan nilai kekerasan yang terendah dari konsentrasi 50% serbuk arang cangkang keong mas dan 50% serbuk arang tempurung kelapa sebesar 432,3 HV

- Pengaruh variasi konsentrasi serbuk arang cangkang keong mas pada proses *carburizing* terhadap struktur mikro sangat berpengaruh, dimana terbentuk fasa martensit pada permukaan material baja SS400 setelah diperlakukan proses *pack carburizing* dengan di *holding time* selama 60 menit dan di *quenching* menggunakan media air. Dimana fase martensit yang sangat dominan dimiliki pada penelitian konsentrasi 40% serbuk arang cangkang keong mas dan 60% serbuk arang tempurung kelapa.
- Terdapat perbedaan yang signifikan nilai kekerasan permukaan dari material SS400 sebelum dan sesudah dilakukan proses *carburizing*, cangkul Indonesia, cangkul China merk *crocodile*. Dimana nilai kekerasan yang tertinggi pada material SS400 sesudah *carburizing* dengan variasi konsentrasi serbuk arang cangkang keong mas 40%.

Saran

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

- Diharapkan ada variasi konsentrasi lainnya guna untuk menambah referensi keilmuan tentang *carburizing*.
- Diharapkan ada peneliti lebih lanjut yang membahas tentang lama waktu pencelupan pada saat proses *quenching*.
- Diperlukan adanya data proses pembuatan cangkul China merk *crocodile*.
- Diperlukannya perlakuan tempering untuk menghilangkan austenite sisa bila ada bisa menyebabkan pengerasan baja kurang optimal.
- 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

A, Schonmetz dan Gruber K. 1985. *Pengetahuan Bahan Dalam Pengerjaan Logam*. Jakarta: Angkasa.

Alfani, Wili. 2016. Pengaruh variasi temperatur pada proses *carburizing* terhadap ketahanan aus baja

ST 41. Bandar Lampung: Universitas Lampung.

- Anas, Sardjono. 2009. *Pengantar statistik Pendidikan*. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada.
- Asfarizal, 2018. *Peningkatan Kekerasan Dengan Metode Karburizing Pada Baja Karbon Rendah Dengan Media Kokas*. Medan: Universitas Medan.
- 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.
- Daryanto, H Amanto. 1999. *Ilmu Bahan*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Daryanto, 2003. *Dasar-Dasar Teknik Mesin*. Jakarta: PT Bhineka Cipta Jakarta.
- Handoyo, Yopi. *Pengaruh Quenching Dan Tempering Pada Baja JIS Grade S45C Terhadap Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro Crankshaft*. 2015. Bekasi: Universitas Islam 45 Bekasi.
- Kuswanto, Bambang. 2010. *Pengaruh Perbedaan Ukuran Butir Arang Tempurung Kelapa-Barium Karbonat Terhadap Peningkatan Kekerasan Permukaan Material Baja ST37 Dengan Proses Pack Carburizing*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Kurniawan, O., & SUKMA DRASTIAWATI, N. O. V. I. (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).
- Muhsoni, Ali. 2014. *Teknik Analisis Kuantitatif*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Negara, Dewa Ngakan Ketut Putra, 2016. *Efektifitas Carburizer Dari Sumber Karbon Berbeda Pada Proses Pack Carburizing*. Bali: Universitas Udayana.
- Prasetyo, Hatta Catur. 2018. *Analisa Pengaruh Heat Treatment Terhadap Kekuatan Dan Kekerasan Material Baja S45C Untuk Aplikasi Poros Roda Sepeda Motor*. Surabaya: Universitas Negeri Surabaya.
- Robbina, M Alan, 2012, *Perbandingan Nilai Kekerasan Struktur Mikro Akibat Variasi Katalis Pada Proses Carburizing Baja S45C*. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Shinoku, Surdia T. 1999. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta: PT Praddnya Paramita.
- Sugiyono, 2014. *Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, Dan R&D*. Bandung: Alfabeta.

- Supardi. 1999. *Ilmu Logam 1*. Surabaya: Teknologi Sepuluh Nopember.
- Suratman, Rochim. 1994. *Panduan Proses Panas*. Bandung: Lembaga Penelitian Institusi Teknologi Bandung.
- Somantri, 2011. *Dasar-Dasar Metode Statistik Untuk Penelitian Edisi Kesatu*. Bandung: CV Pustaka Setia.
- Vlack, Lawrence H. Van. 1991. *Ilmu dan Teknologi Bahan*. Erlangga.Jakarta.
- Zainuri, Achmad. 2006. *Material Handling Equipment*. Malang

