

## PENGARUH PROSES *PACK CARBURISING* TERHADAP KEKERASAN BAJA KARBON RENDAH

**Adityo Noor Setyo Hadi Darmo\* dan Sri Widodo**

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Tidar

Jl. Kapten Suparman 39, Magelang 362438.

\*Email: noorsetyo@yahoo.com

### Abstrak

*Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektifitas penggunaan serbuk arang tempurung kelapa sebagai karburiser dan serbuk tulang sapi sebagai energizer dalam proses pack carburizing. Sebagai bahan baku utama serbuk arang tempurung kelapa sebesar 80%, 75% dan 70% yang dicampur dengan 30%, 25%, 20% serbuk tepung tulang sapi sebagai katalis. Proses dilakukan dalam suatu kotak yang dipanaskan di atas temperatur austenit yaitu 900°C dengan lama holding time 30 menit di dalam electric furnace, dan setelah itu diquenching didalam air. Keefektifan karbon dievaluasi dari tingkat kekerasan permukaan dan pengamatan struktur mikro dengan menggunakan mesin Desktop Metals Analyser dan mikroskop optik digital pembesaran 200 x, sedang uji kekerasan permukaan dilakukan dengan menggunakan Micro Hardness Tester pada beban 25 gram selama 10 detik. Hasil pengujian menunjukkan, untuk campuran 1kg bahan pack carburizing dengan kandungan energizer masing-masing sebesar 30%, 25%, dan 20%, diperoleh hasil rata-rata kekerasan specimen mengalami kenaikan 6 (enam) kali lipat dari nilai kekerasan awal yang secara berurutan yaitu 893,05 VHN<sub>0,020</sub>, 813,62 VHN<sub>0,020</sub>, dan 788,57 VHN<sub>0,020</sub>, dari kekerasan mula-mula 150,68 HVN<sub>0,025</sub>, dengan struktur mikro hasil akhir berupa ferrit, perlit dan martensit.*

*Kata kunci: energizer, carburizing, holding time, perlit.*

### 1. PENDAHULUAN

Drum bekas minyak pelumas masuk dalam golongan logam baja karbon rendah yang mengandung kurang dari 0,15 % C, bersifat liat dan lunak, sehingga jarang dimanfaatkan secara langsung sebagai bahan teknik baik di industri maupun *home industry*. Agar logam drum bekas dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar alat perkakas rumah tangga seperti sabit, pisau, cangkul dan alat pertanian yang bersifat keras dan ulet sehingga dapat memenuhi persyaratan teknis, maka perlu adanya proses perlakuan panas (*heat treatment*) terlebih dahulu. Proses perlakuan panas yang dapat dilakukan diantaranya melalui metode penambahan karbon (Schonmetz dan Gruber, 1985), yaitu melalui proses *pack carburizing* dan *quenching* (Budinski, K.G., dan Budinski, M.K, 1999) dengan parameter utama yang perlu diperhatikan untuk mendapatkan hasil optimal diantaranya, yaitu lama *holding time*, jumlah *carburizer*, *energizer* serta proses *quenching*.

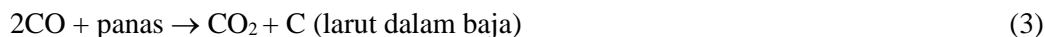
Berdasarkan media karbon yang diberikan, ada tiga metode proses *carburizing* yang bisa dilakukan (Smith, W.F., 1996), yaitu: 1) *solid carburizing*, 2) *liquid carburizing*, dan 3) *gas carburizing*. *Solid Carburizing* dilakukan dengan memanaskan logam di atas temperatur austenit dengan lama *holding time* sesuai yang diinginkan. Selama proses berlangsung, unsur carbon sebagai unsur *carburizer* utama masuk kedalam pori-pori permukaan logam, sedang sebagai bahan katalis bisa ditambahkan bahan tambah kalsium hidroksiapatit Ca<sub>10</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>6</sub>(OH)<sub>2</sub> dan kalsium karbonat (CaCO<sub>3</sub>) yang terdapat dalam tulang sapi sebagai adsorben aktif atau sebagai pengganti barium karbonat (BaCO<sub>3</sub>) dalam proses pengerasan logam *ferro*. Kalsium karbonat (CaCO<sub>3</sub>) dalam proses *pack carburizing* akan berperan sebagai *energizer* atau katalis, dalam hal ini akan membantu peningkatan kekerasan permukaan logam *ferro* yang cukup signifikan, karena dalam lingkungan karbon kalsium karbonat (CaCO<sub>3</sub>) di atas temperatur austenit akan sesuai dengan persamaan reaksi (1), yaitu:



Selanjutnya gas CO<sub>2</sub> akan memisahkan diri dengan gas CaO, dan gas CO<sub>2</sub> akan bereaksi dengan karbon yang berasal dari serbuk arang, sesuai dengan persamaan reaksi (2) , yaitu:



Dalam lingkungan panas, unsur  $2CO$  akan cenderung berubah menjadi gas  $CO_2$ , dan akan melepaskan unsur karbon (C) yang secara langsung ditangkap oleh *ferro* (Fe), sesuai dengan persamaan:

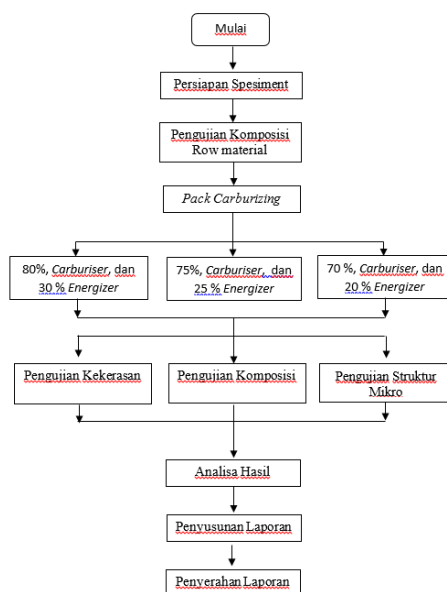


Terlihat dari persamaan reaksi di atas (2) kalsium karbonat saat bercampur dengan arang akan memiliki peran sebagai penyedia gas  $CO_2$ , karena adanya kalsium karbonat sebagai *energizer* proses penyerapan carbon akan lebih mudah berlangsung, meskipun udara yang terperangkap sedikit, karena *energizer* akan menyediakan  $CO_2$  yang akan segera mengaktifkan reaksi-reaksi selanjutnya yang tidak bergantung pada oksigen yang tersedia pada temperatur austenit (825–925) $^{\circ}C$ . Sehingga baja akan mampu melarutkan banyak karbon dalam waktu singkat hingga mencapai batas jenuhnya.

Berdasarkan uraian permasalahan, maka akan dilakukan kajian untuk mengetahui pengaruh penambahan unsur kalsium hidroksiapatit  $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$  dan kalsium karbonat ( $CaCO_3$ ) sebagai bahan katalis pada proses *pack carburizing* baja karbon terhadap besar penambahan tingkat kekerasan yang terjadi pada baja karbon rendah khususnya drum bekas, terhadap sifat fisis dan mekanis baja karbon rendah, dengan komposisi pengkarbonan 80%, 75% dan 70% arang batok, dan katalis serbuk tulang sapi ( $CaCO_3$ ) masing-masing sebesar 20%, 25%, dan 30%.

## 2. METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen langsung, dengan *variabel independent*, yaitu serbuk tulang sapi, sedang sebagai *variabel dependent* yaitu kekerasan permukaan, kandungan komposisi dan struktur mikro. Adapun tahapan urutan proses penelitian, dari awal hingga akhir ditunjukkan seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Urutan tahapan penelitian

### 2.1. Proses *Carburizing*

Salah satu diantara metode pengerasan permukaan pada logam *pack carburizing* banyak diaplikasikan pada pembuatan komponen yang membutuhkan sifat keras pada permukaan dan ulet pada bagian inti seperti poros, *crankshaft* dan roda gigi. Benda uji dimasukkan dan ditata dalam kotak besi yang berisi campuran masing-masing 80%, 75%, dan 70% serbuk arang tempurung kelapa dan 30%, 25%, dan 20% serbuk tulang sapi ( $CaCO_3$ ). Adapun tahapan proses *pack carburizing* dilakukan dengan menggunakan langkah-langkah sebagai berikut:

- a. *Spesimen* uji dibersihkan dari kotoran dan karat yang melekat pada permukaannya dengan menggunakan amplas ukuran *mesh* 100 – 800.

- b. Mencampur serbuk arang batok dengan serbuk tulang sapi, masing-masing dengan perbandingan 70%, 75%, dan 80% carburicer (serbuk arang batok) dan 30%, 25%, 20% serbuk tulang sapi sebagai *energizer*
- c. Isi *container* dengan carburicer dan serbuk tulang sapi dan masukkan *specimen* uji dengan tertata rapi dengan jarak antar spesimen satu dengan yang lain sesuai parameter percobaan,
- d. Pastikan seluruh *spesimen* telah tertutupi campuran serbuk arang dan serbuk tulang baru *container* ditutup.
- e. Panaskan kotak dalam *elektric furnace* sampai mencapai suhu austenite di atas 850 °C.
- f. Lakukan *holding time* selama 30 menit hingga mencapai suhu 900 °C,
- g. Keluarkan *container* dari *furnace*, ambil *spesimen* uji dan langsung *quenching*.

## 2.2. Bahan dan Alat Penelitian

### 2.2.1. Bahan Penelitian

Bahan penelitian yang digunakan antara lain meliputi yaitu :

- a. Raw material berupa baja karbon rendah (drum bekas minyak pelumas),
- b. Media karburasi berupa serbuk karbon arang tempurung kelapa
- c. Sebagai *energizer* serbuk tulang sapi,
- d. Ampelas, resin, autosol dan etsha,

### 2.2.2. Alat Penelitian

Alat dan jenis peralatan yang digunakan mulai dari tahap persiapan, tahap pengujian hingga tahap akhir penelitian, yaitu :

- a. Mesin gergaji,
- b. Oven Pemanas (Barmsteal Thermolyne Type F-6000)
- c. Alat uji komposisi bahan,
- d. Kotak pemanas untuk proses *pack carburizing*,
- e. Alat uji kekerasan Vickers, tungku pemanas (*oven*),
- f. Alat uji struktur mikro mikroskop optik,

## 2.3. Pengujian

Penempatan spesimen dalam kotak karburising (*container*) pada saat pelaksanaan pengujian merupakan parameter utama yang perlu diperhatikan diantaranya yaitu jarak antar *spesimen* dengan tebal karburiser dan dinding *container*. Adapun langkah penempatan *spesimen* dalam proses *carburizing* dilakukan sebagai berikut:

- a. Jarak antara *spesimen* dengan dinding *container* diukur menggunakan alat bantu penggaris sesuai dengan parameter percobaan yang telah ditentukan,
- b. Isi kotak *container* dengan media karburasi sebanyak setengah bagian dari tinggi *container*,
- c. Memasukkan spesimen kedalam *container* hingga setengah bagian dari tinggi *spesimen* masuk dalam media karburasi,
- d. Mengatur memasukkan media karburasi ke dalam *container* hingga terisi penuh,
- e. Menutup *container* dengan penutup *container* dan siap untuk dimasukkan ke dalam *furnace* untuk proses karburasi.

### 2.3.1. Pengujian Komposisi

Pengujian komposisi dilakukan untuk mengetahui, kandungan unsur utama karbon dan paduan yang terdapat dalam *spesimen* uji dengan tujuan untuk menentukan besar temperatur pemanasan proses *pack carburizing*, dengan menggunakan alat penguji “Desktop Metals Analyser” merk Metalscan 2500 series.

### 2.3.2. Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan untuk mengetahui sejauh mana perubahan sifat kekerasan material yang terjadi baja karbon yang diperoleh setelah sesudah dan sebelum mengalami proses karburasi. Pengujian kekerasan dilakukan sebanyak 4 titik pada jarak 1 mm, 2 mm, 4 mm,

dan 6 mm pada bagian permukaan dengan menggunakan mesin “Micro Hardness Tester” berdasarkan metode Vickers dengan beban 25 gram selama 10 detik.

Nilai kekerasan Vickers ditentukan dengan mengukur panjang diagonal bekas penekanan diukur dengan skala pada mikroskop pengukur jejak, yang kemudian disubstitusikan ke dalam persamaan “Vander Voort” yaitu:

$$Hv = 1,854 \frac{P}{d^2}$$

(1)

dimana :

d : panjang diagonal rata-rata (mm)

P : beban yang digunakan (kg).

### 2.3.3. Pengujian Struktur Mikro

Pengujian mikro struktur bertujuan untuk mengetahui perubahan sifat fisis yang terjadi sebelum dan sesudah dilakukan proses *quenching*. Pengujian menggunakan mikroskop optik digital dengan pembesaran 200 X masing-masing satu titik untuk satu permukaan *specimen*.

*Spesimen* terlebih dahulu dihaluskan menggunakan amplas mulai dari ukuran 120 – 1200 mesh, kemudian digosok dengan autosol baru dilakukan etsa menggunakan 3 HNO ( nitrid acid ) sebelum dilakukan pemotretan.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dilakukan sebelum dan sesudah dilakukan proses *pack carburizing* yang meliputi uji komposisi, struktur mikro dan kekerasan permukaan. Semua itu dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui perubahan sifat fisis dan mekanis.

Bahan uji (*row material*) baja karbon rendah berasal dari limbah drum minyak pelumas. Sedangkan sebagai bahan *carburizer* yang merupakan salah satu parameter paling berpengaruh dalam proses *carburizing* digunakan campuran serbuk arang batok (tempurung kelapa) dan *energizer* berupa serbuk tulang sapi yang bahan masing-masing seperti diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Serbuk arang batok dan tulang

### 3.1. Hasil Pengujian Sebelum Carburizing

Hasil pengujian komposisi bahan dasar (*row material*) dengan menggunakan metode FEGLFE diperoleh hasil seperti terlihat dalam Tabel 1. Terlihat pada Tabel 1 *specimen* uji (*row material*) memiliki kandungan rata-rata unsur ferro (Fe) sebesar 98,6105 %, carbon 0,057 %, dengan nilai kekerasan rata-rata berkisar 150,62 VHN<sub>0,020</sub>, sehingga berdasarkan data tersebut logam dasar masuk dalam golongan baja karbon rendah berdasarkan standart ASTM.

Tabel 1. Kandungan unsur *row material*

Kandungan Unsur								
Fe	S	Al	C	Ni	Nb	Si	Cr	V
98,610	0,0097	0,0734	0,0507	0,0232	0,0001	0,0121	0,0287	0,001
Kandungan Unsur								
Mn	Mo	W	P	Cu	Ti	N	Pb	Sb
0,261	0,0008	0,0009	0,0068	0,0465	0,0025	0,7734	0,0005	0,006

### 3.2. Hasil Pengujian Setelah Carburizing

#### 3.2.1. Pengujian Kekerasan

Hasil uji kekerasan setelah dilakukan *carburizing* menunjukkan, bahwa besar nilai kekerasan permukaan berbanding lurus dengan jumlah prosen kandungan serbuk tempurung kelapa dan tulang sapi. Secara berurutan besar tingkat kenaikan kekerasan permukaan baja pada kandungan serbuk tulang sapi 30%, 25% dan 20% dan serbuk arang batok 70%, 75%, dan 80% masing-masing, yaitu: 893,05 VHN<sub>0,020</sub>, 813,62 VHN<sub>0,020</sub>, dan 788,57 VHN<sub>0,020</sub>.

**Tabel 2. Kekerasan permukaan sebelum dan sesudah *carburizing***

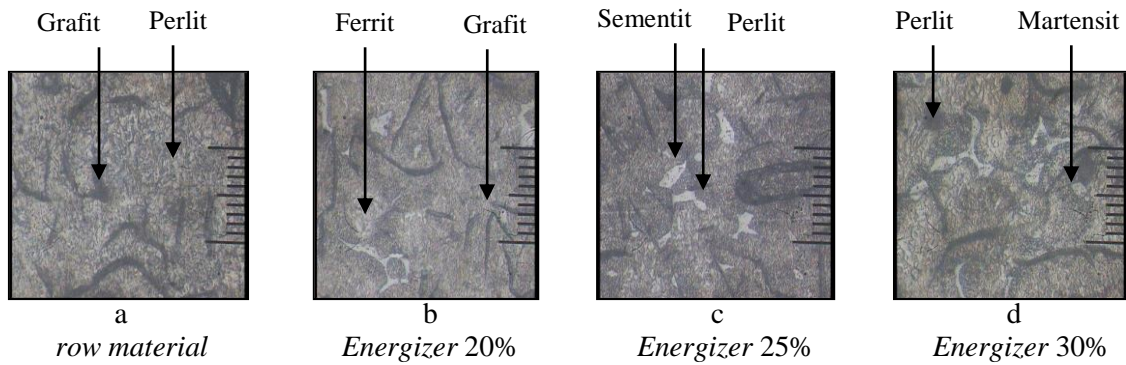
No	Nilai Kekerasan rata-rata		
	Kandungan Serbuk Tulang	Sebelum Carburizing (HVN <sub>0,025</sub> )	Setelah Carburizing (HVN <sub>0,025</sub> )
1	30	151,40	1144,70
	30	148,40	1027,40
	30	148,40	1027,40
	30	154,50	975,40
	<b>Rata-rata</b>	<b>150,68</b>	<b>1043,73</b>
2	25	151,40	1027,40
	25	148,40	975,40
	25	148,40	927,20
	25	154,50	927,20
	<b>Rata-rata</b>	<b>150,68</b>	<b>964,30</b>
3	20	151,40	927,20
	20	148,40	975,40
	20	148,40	927,20
	20	154,50	927,20
	<b>Rata-rata</b>	<b>150,68</b>	<b>939,25</b>

Tabel 1 memperlihatkan, nilai kekerasan baja akan semakin bertambah dengan semakin besar prosentase karburiser dan *energizer*/katalisator. Hal ini dikarenakan, dengan semakin besarnya pemakaian *energizer* dalam karburiser gas karbon monoksida (CO) yang terbentuk, akan semakin bertambah besar pula, sehingga atom karbon yang terdifusi ke dalam baja pada pada kondisi fasa austenit akan semakin bertambah banyak atau semakin kuat, sehingga setelah dilakukan proses *quenching* akan terbentuk banyak martensit pada permukaan yang bersifat keras, dan struktur ferrit, perlit yang memiliki sifat ulet pada inti.

#### 3.2.2. Pengujian Struktur Mikro

Suatu logam mempunyai sifat mekanik tidak hanya tergantung pada komposisi kimia paduan, akan tetapi akan tergantung pada struktur mikronya. Paduan dengan komposisi kimia sama dapat memiliki struktur mikro yang berbeda, dan sifat mekaniknya pun akan berbeda pula, hal ini tergantung pada proses pengerjaan dan proses laku-panas yang diterimanya. Hasil pengujian terhadap struktur mikro Gambar 4 memperlihatkan, *row material* setelah dilakukan proses *carburizing* dan *quenching*, didominasi oleh struktur perlit, dan martensit dengan sedikit ferrit, hal ini terlihat dengan munculnya banyak tumpukan warna abu-abu kecoklatan yang berbentuk menyerupai jarum pada permukaan, sedang semakin ke dalam semakin berkurang. Perubahan struktur mikro ini mengindikasikan bahwa adanya proses difusi carbon (C) kedalam atom ferro (Fe) selama proses *carburizing*, dimana besar kecepatan difusi akan sangat tergantung pada besar prosentase *energizer* yang digunakan.

Terlihat dari hasil pengujian struktur mikro Gambar 4 menunjukkan, bahwa kekerasan tertinggi *specimen* uji diperoleh pada kondisi campuran 70% karburiser dan 30% *energizer*, sedang terendah pada campuran 80% karburiser dan 20% *energizer* yang terjadi pada bagian permukaan, hal ini terlihat dari banyaknya muncul struktur martensit dan rendahnya struktur ferrit maupun perlit pada permukaan, sebaliknya akibat kecepatan atom carbon ke dalam ferro (difusi) yang semakin lemah menuju inti, menyebabkan nilai keuletan baja semakin bertambah, hal ini terindikasi dengan munculnya banyak ferrit dan perlit sedangkan fase martensit yang muncul semakin berkurang.



**Gambar 4 Struktur mikro sebelum dan sesudah carburizing**

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil percobaan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

Limbah tulang sapi, ternyata sangat efektif dipergunakan sebagai bahan alternatif pengganti katalisator Barium Carbonat ( $\text{BaCO}_3$ ) dalam proses *pack carburizing*. Hasil penelitian menunjukkan, nilai kekerasan baja karbon rendah setelah dilakukan *pack carburizing* dan *quenching* pada temperatur austenite ( $850\text{-}900$ ) $^\circ\text{C}$ , *holding time* 30 menit dengan menggunakan *energizer* serbuk tulang sapi yang dicampurkan pada serbuk arang tempurung kelapa sebagai karburiser masing-masing sebesar 70%, 75%, dan 80% diperoleh hasil nilai kekerasan permukaan rata-rata sebesar 893,05  $\text{VHN}_{0,020}$  untuk *energizer* 30%, 813,62  $\text{VHN}_{0,020}$  untuk *energizer* 25%, dan 788,57  $\text{VHN}_{0,020}$  untuk *energizer* 20% dengan struktur mikro berupa martensit perlit dan ferrit.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Alois Schonmetz and Karl Gruber., (1985). Pengetahuan Bahan Dalam Pengerjaan Logam. Bandung: Angakasa.
- Budinski, K.G., and Budinski, M.K., (1999), Engineering Materials, 6th Edition, Prentice – Hall Inc., New Jersey.
- Smith, W.F., 1996, Principles of Material Science and Engineering, 3rd Edition, McGraw-Hill Inc., New York.