

ANALISIS PENGARUH KOMPOSISI BARIUM KARBONAT DENGAN ARANG TEMPURUNG KELAPA TERHADAP KEKERASAN MIKRO BAJA KARBON

Frans R. Bethony dan Yafet Bontong

Universitas Kristen Indonesia Toraja

ABSTRAK

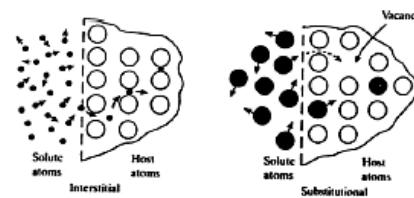
Proses perlakuan panas merupakan salah satu proses pengerasan permukaan baja karbon dengan proses difusi atom karbon. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh komposisi Barium Karbonat (BaCO_3) sebagai *energizer* pada perlakuan panas dengan metode karburasi padat (*Pack Carburizing Method*) terhadap kekerasan mikro baja karbon. Komposisi serbuk arang tempurung kelapa dengan barium karbonat sebagai *energizer* yang digunakan sebagai media penambah unsur karbon pada sampel dengan komposisi 0:0, 10:90, 15:85, dan 20:80% berat. Pada penelitian ini menggunakan spesimen baja karbon yang memiliki komposisi: 99,04% Fe; 0,082% C; 0,067% Si; 0,475% Mn; 0,016% P; 0,018% S; 0,134% Ni; 0,004% Mo; 0,027% Cu; 0,01% Nb; 0,01% V dan 0,06% W. Proses karburasi dilakukan pada suhu 850, 900, dan 950°C , dengan *holding time* 3 jam. Pengerasan permukaan dilakukan dengan memanaskan kembali spesimen pada suhu 450°C di tahan selama 30 menit dan di-*quenching* pada media air sumur. Hasil pengujian kekerasan menunjukkan bahwa penambahan 20% BaCO_3 memberikan tebal lapisan keras yang signifikan dan optimal. Pada proses karburasi dengan suhu pemanasan 950°C dan *holding time* 3 jam, kekerasan mikro permukaan dapat mencapai 800 VHN atau sekitar 8 kali kekerasan awalnya.

Keywords: karburasi, baja karbon, BaCO₃, arang tempurung kelapa, kekerasan mikro.

LATAR BELAKANG

Perlakuan panas dengan menggunakan suatu proses kimiawi merupakan proses yang digunakan untuk memperoleh sifat yang berbeda pada permukaan dan bagian tengah komponen (Rajan, 1997). Kondisi demikian kadang diperlukan pada komponen yang harus keras permukaannya dan tahan aus, tetapi bagian tengahnya atau inti komponen tetap liat atau ulet sehingga tetap kuat dan tangguh. Kombinasi sifat ini menjamin komponen memiliki ketahanan aus yang cukup untuk memberi umur pakai lebih lama di samping cukup tangguh terhadap kejutan.

Karburasi padat adalah suatu proses penambahan unsur karbon pada permukaan sebuah komponen secara difusi untuk meningkatkan baik sifat fisis maupun sifat mekanis. Sampai saat ini proses karburising masih banyak digunakan, bahkan telah dikembangkan menggunakan sistem vakum dengan proses karburising cair (*liquid carburizing*). Proses karburising dengan teknologi modern ini dikembangkan oleh Ralph Poor dan Stephen Verhoff dari perusahaan *Surface Combution Inc, Maumee Ohio USA* (2002) dan telah digunakan pada komponen *gear helix* (roda gigi *helix*) untuk transmisi yang berbahan dasar baja paduan AISI – SAE 5130. Walaupun *gear helix* memiliki geometri yang rumit tetapi lapisan karbon yang diperoleh pada diameter *pitch* dan *root gear* sangat seragam.



Gambar 1. Pemodelan terjadinya proses difusi: (a) Secara Interstisi, (b) Secara Substitusi (Budinski,1999: 303)

Proses perlakuan panas dapat pula dilakukan secara sederhana, yaitu dengan proses karburasi padat (*pack carburizing process*). Proses ini terdiri dari dua proses perlakuan terhadap komponen, yaitu:

- (1) Perlakuan termokimia karena komposisi kimia permukaan baja karbon diubah dengan difusi karbon dan/atau nitrogen dan terkadang dengan elemen lainnya.
 - (2) Transformasi fasa akibat pemanasan dan pendinginan cepat permukaan luar (Rajan, 1997).

Difusi adalah gerak spontan dari atom atau molekul di dalam bahan yang cenderung membentuk komposisi yang seragam (Budinski, 1999). Model difusi pada bahan padat diperlihatkan pada gambar 1. Hukum pertama Fick's menyatakan bahwa difusi dari sebuah elemen dalam suatu bahan spesimen merupakan fungsi koefisien difusi dan gradien konsentrasi.

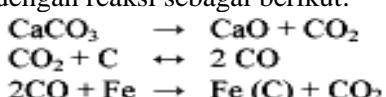
Hukum pertama Fick's :

Pada sistem karburasi padat, komponen ditempatkan dalam kotak yang berisi media penambah unsur karbon, kemudian dipanaskan pada suhu austenisasi sehingga media penambah unsur karbon saat pemanasan akan mengeluarkan gas CO₂ dan CO. Gas CO ini bereaksi dan terurai pada permukaan baja karbon membentuk atom karbon yang kemudian berdifusi ke permukaan baja, sehingga kadar karbon pada permukaan baja akan meningkat.

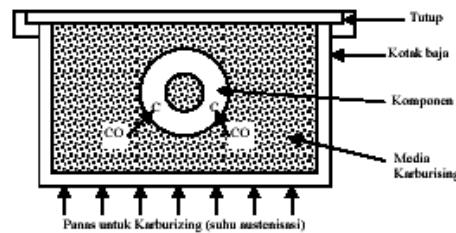
Media penambah unsur karbon pada proses karburasi padat umumnya berasal dari serbuk grafit, arang kayu atau tempurung kelapa. Zat pengaktif (energizer) biasa ditambahkan ke dalam media karburasi untuk mempercepat proses karburasi padat. Energizer pada proses ini umumnya adalah barium karbonat sebanyak 20-25% berat dengan sedikit barium karbonat atau 20-25% natrium karbonat dengan sedikit barium karbonat. Jadi barium karbonat (BaCO₃) umumnya hanya ditambahkan dalam jumlah kecil, namun seberapa jumlah efektifnya belum diketahui.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektifitas BaCO₃ sebagai energizer pada proses pengarbonan padat (pack carburizing) dengan indikator hasil proses adalah kekerasan permukaan dan tebal lapisan keras setelah dilakukan quenching. Proses karburasi padat (pack carburizing process) dengan media arang kayu atau tempurung kelapa saat ini masih banyak ditelaah seperti yang dilakukan oleh Suryanto (2003a) yang meneliti pengaruh penambahan barium karbonat pada media karburasi arang kayu terhadap kekerasan permukaan baja karbon. Suryanto (2003b) juga mengkaji pengaruh komposisi media karburasi serbuk arang kayu-barium karbonat terhadap laju keausan baja karbon.

Hasil kedua penelitian tersebut menunjukkan bahwa 25% barium karbonat memberikan kekerasan permukaan tertinggi dan peningkatan ketahanan aus hingga 294%. Pada kedua penelitian tersebut, di samping barium karbonat, Suryanto juga menambahkan barium karbonat (BaCO₃) sebanyak 3%, pada media karburasi. Sedangkan Sudarsono (et-al, 2003) meneliti pengaruh waktu proses karburasi dan media pencelupan dingin (*quenching*) pada baja AISI – SAE 1522. Pada penelitian ini, menggunakan natrium karbonat sebanyak 20% sebagai *energizer* pada media karburasi serbuk arang batok kelapa dengan waktu proses karburasi 2, 3, dan 4 jam. Penambahan barium karbonat (BaCO₃) berfungsi sebagai *energizer decomposes* dengan reaksi sebagai berikut:



Barium karbonat terurai akibat energi panas. Karbon dioksida hasil penguraian tersebut bereaksi dengan karbon dalam arang membentuk karbon monoksida (CO) dan selanjutnya terjadi proses difusi karbon dengan besi (Fe). Gas CO₂ sisa hasil reaksi difusi akan segera bereaksi kembali dengan unsur C dari arang dan kembali membentuk CO. Proses reaksi ini berlangsung terus menerus.



Gambar 2. Proses karburasi padat (Budinski, 1999: 305)

METODOLOGI PENELITIAN

Bahan Penelitian

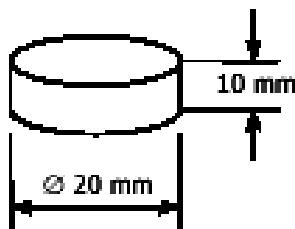
Pada penelitian ini sebagai media karburasi digunakan serbuk arang tempurung kelapa dan BaCO₃, sedangkan baja karbon yang dipakai sebagai spesimen penelitian yang memiliki komposisi kimia: 99,04% Fe; 0,082% C; 0,067% Si; 0,475% Mn; 0,016% P; 0,018% S; 0,134% Ni; 0,004% Mo; 0,027% Cu; 0,01% Nb; 0,01% V dan 0,06% W.

Proses Karburasi Padat (*pack carburizing process*).

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode karburasi padat (*pack carburising method*). Arang tempurung kelapa setelah dihancurkan kemudian diayak. Barium karbonat dicampurkan dengan komposisi 0, 5, 10, 15, dan 20 % berat. Pemilihan persentase didasarkan pada penelitian yang dilakukan oleh Suryanto (2003a dan 2003b). Pada penelitian tersebut menggunakan barium karbonat sebanyak 0, 20, 25, dan 30 % berat, serta 3 % barium karbonat. Spesimen diletakkan dalam kotak baja di dalam lingkungan campuran serbuk arang tempurung kelapa dan barium karbonat. Setelah itu, kotak dimasukkan dalam *furnace* (dapur pemanas). Temperatur pada proses karburasi dipilih 850 °C, dengan waktu proses 2, 3 dan 4 jam. Pemilihan temperatur proses karburasi didasarkan pada komposisi kimia baja karbon yang digunakan, yaitu 0,082 %C. Proses difusi atom akan terjadi pada temperatur kira-kira 0,5 *melting point* (Budinski, 1999).

Dari diagram fasa Fe-C, diketahui baja karbon tersebut memiliki *melting point* ±1600 °C. Setelah karburising, baja karbon diquenching secara

bersamaan ke dalam air bersuhu 27 °C untuk memperoleh lapisan keras pada permukaannya.



Gambar 3. Dimensi benda uji yang akan dikarburasi

Pengujian Uji Kekerasan

Kekerasan mikro (*micro hardness*) adalah kemampuan bahan untuk tahan terhadap penggoresan, pengikisan, keausan, indentasi, penetrasi dan mampu menahan beban sampai pada terjadinya deformasi plastis. Pengujian kekerasan bertujuan untuk mengevaluasi perlakuan panas, dan mendeteksi pengerasan atau pelunakan akibat *overheating*, dekarburisasi ataupun pengerasan permukaan.

Metode pengukuran kekerasan, yaitu dilakukan dengan cara material diindentasi menggunakan indentor pada permukaan benda uji dengan beban tertentu kemudian bekas penekanan yang terbentuk diukur. "Indentor biasanya terbuat dari baja yang dikeraskan, tungsten karbida dan intan yang berbentuk piramid beralas bujur sangkar dengan sudut puncak antara dua sisi yang berhadapan 136°.

Seacra umum pangujian kekerasan menggunakan metode Vickers dengan skala mikro (*micro hardness*) yang dilakukan berdasarkan standar ASTM. Pada pengujian Vickers, pembebanan diberikan secara perlahan tanpa adanya beban kejut dan ditahan 10-15 detik. Setelah indentor terangkat, kedua diagonal bekas injakan diukur dan diambil rata-ratanya, kemudian kekerasan indentasi Vickers (HV) dihitung dengan persamaan :

$$HV = \frac{2.P.\sin(\theta/2)}{d^2} \quad \dots\dots (2)$$

dimana : P = beban indentasi (kg)

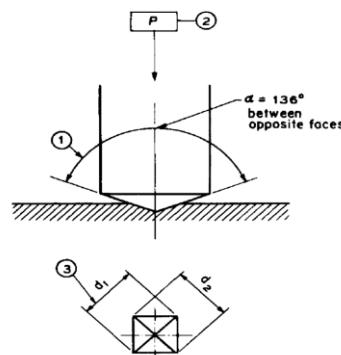
d = diagonal rata-rata bekas injakan (mm)

θ = sudut puncak = 136°

$$d = \frac{d_1+d_2}{2} \quad \dots\dots\dots (3)$$

Sehingga diperoleh :

$$HV = \frac{1.854P}{d^2} \left(\frac{\text{k gf}}{\text{mm}^2} \right) \quad \dots\dots (4)$$



Gambar 4. Metode Pengujian Kekerasan Mikro Vickers

(ASTM E-92)

Tabel 1. Variabel Pengujian Kekerasan Vickers

Number	Symbol	Designation
1	...	Angle at the vertex of the pyramidal indenter (136°)
2	P	Test force in kilograms-force
3	d	Arithmetic mean of the two diagonals d^1 and d^2

(ASTM E-92)

Tabel 2. Hubungan Kekerasan Lapisan Dengan Kandungan Karbon

Kandungan karbon (%)	Kekerasan lapisan (HRc/HV)
0,28 – 0,32	35/345
0,33 – 0,42	40/392
0,43 – 0,52	45/446
$\geq 0,53$	50/513

Sumber : Boyer & Gall, 1985

Pengukuran *case depth*

Beberapa variabel yang berpengaruh terhadap *case depth* antara lain waktu, temperatur, komposisi media karburisasi dan kandungan karbon di dalam baja tersebut. Penentuan kedalaman lapisan karburisasi dapat dirujuk dengan persamaan Harris (Boyer & Gall, 1985), yaitu :

$$\text{Case depth} = \frac{31.6\sqrt{t}}{10^{(6700/T)}} \text{ (inch)} \dots\dots (5)$$

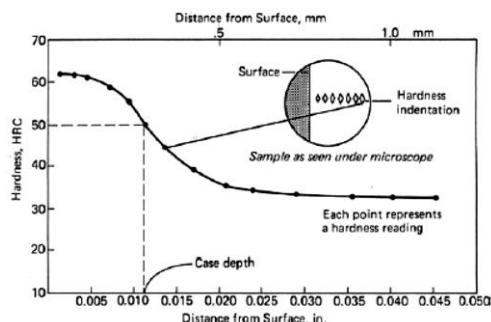
dengan : T = temperatur (Rankine)

t = waktu (jam)

Persamaan tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur, maka lapisan *carburizing* akan semakin dalam, tetapi makin ke inti kandungan karbon akan semakin rendah. Berdasarkan persamaan (6) maka diperoleh *case depth* untuk temperatur *carburizing* 850°C (2022°F), 900°C (2112°F) dan 950°C (2202°F) berturut-turut adalah

0,027 inch (0,686 mm), 0,037 inch (0,889 mm) dan 0,049 inch (1,245 mm).

“Total case depth” didefinisikan sebagai jumlah kedalaman carburizing mulai dari permukaan sampai pada tercapainya kandungan karbon 0,04% yang lebih tinggi dari bahan dasarnya. Kedalaman lapisan efektif dinyatakan sebagai jarak (mm) dari permukaan dimana kekerasan lebih rendah dari 15% dibandingkan kekerasan pada permukaan (Gambar 2.5), dan batas kekerasan yang umum digunakan adalah 50 HRc setara dengan 513 HV (Prabudev, K.H., 1995”).



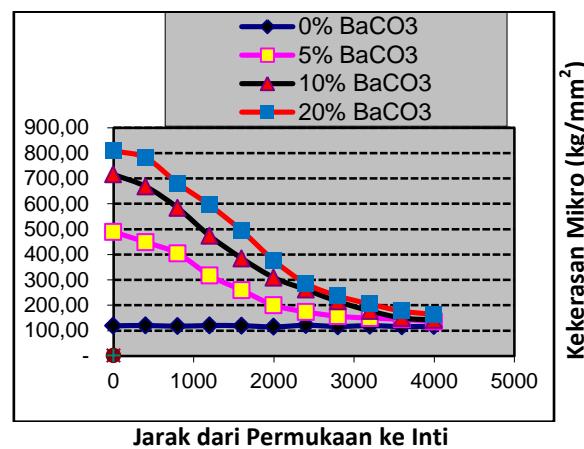
Gambar 5. Lapisan Kekerasan Mikro

Penelitian tentang pengaruh *case depth* karbon akibat proses *carburizing* terhadap kekerasan baja AISI 8620, memberikan hasil bahwa semakin tinggi nilai *case depth* karbon maka harga kekerasan semakin tinggi (Genel and Demirkol, 1999”).

Pengukuran *case depth* dapat dilakukan secara mekanis dengan menggunakan alat uji kekerasan mikro, baik dengan metode Vickers ataupun Knoop yang menggunakan beban paling kecil yaitu sebesar 0,5 kg.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada gambar kurva di bawah ini menunjukkan hasil pengujian kekerasan mikro tebal lapisan yang diperoleh pada proses karburasi dengan komposisi 20% BaCO₃ dengan *holding time* 3 jam sangat signifikan. Tampak bahwa, dengan penambahan 20% BaCO₃, memberikan lapisan keras yang paling tebal. Hal ini ditandai dengan penurunan kekerasan dari tepi benda uji ke bagian tengah mencapai jarak yang paling panjang. Hasil ini sesuai dengan penukuran kekerasan mikro seperti pada gambar kurva di bawah ini. Disini kekerasan mikro permukaan pada penambahan 20% BaCO₃ juga paling tinggi, yaitu 800 VHN.



Gambar 6 Kurva Pengujian Kekerasan Mikro dengan Komposisi BaCO₃

Pada gambar kurva tersebut bila dibandingkan dengan komposisi dari 0, 5, 10, dan 20% BaCO₃, tampak jelas bahwa pada proses karburasi dengan komposisi 0, 5, dan 10% BaCO₃ sama sekali tidak efektif. Penambahan komposisi 20% BaCO₃ terlihat peningkatan kekerasan mikro sangat signifikan. Hal ini disebabkan oleh penetrasi unsur karbon kedalam spesimen sangat kuat, mungkin berkaitan dengan laju terurainya CO dari BaCO₃ yang agak cepat, sehingga laju reaksi antara CO₂ dan C untuk membentuk CO juga cepat. Sedangkan atom karbon bebas dari serbuk arang batok kelapa yang akan membentuk gas CO akibat pemanasan juga terhalang, mungkin karena energi panas yang ada digunakan untuk menguraikan BaCO₃ terlebih dahulu. Komposisi BaCO₃ yang pada dasarnya diperoleh dari batu kapur biasa digunakan sebagai campuran bahan bangunan dan batu tahan api sebagai pelapis bagian dalam dapur pemanas. Ini berarti komposisi BaCO₃ memang sulit terurai dalam waktu yang singkat. pada proses dengan *holding time* 3 jam, penambahan komposisi BaCO₃ terlihat mampu meningkatkan laju difusi atom karbon permukaan baja lunak seperti tampak pada gambar kurva. Bahkan pada penambahan 20% BaCO₃ diperoleh peningkatan kekerasan mikro permukaan sampai 800 VHN atau sekitar delapan kali dari kekerasan awalnya sebesar 100 VHN. Sedangkan pada proses dengan penambahan 5%, dan 10% BaCO₃ peningkatan kekerasan permukaannya hanya sekitar 5 sampai 7 kali kekerasan awalnya.

KESIMPULAN

Penambahan 5% dan 10% barium karbonat (BaCO_3) pada serbuk arang tempurung kelapa sebagai media proses karburasi memberikan tebal lapisan keras sudah mengalami peningkatan secara signifikan tetapi belum optimal. Kekerasan mikro signifikan dan optimal terjadi pada penambahan 20% BaCO_3 , yaitu 800 VHN atau meningkat 8 kali kekerasan awalnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Budinski, G., dan Budinski., K. (1999). *Engineering Materials – properties and selection*. 6th edition. Prentice Hall International. Inc. New Jersey, USA.
- Poor, R., dan Verhoff, S. (2002). *New Technology is The Next Step In Vacuum Carburizing*.

Surface Combution Inc. Maumee. Ohio, USA.

Rajan, T.V., Sharma, C.P., dan Sharma, A. 1997. *Heat Treatment – Principles and Techniques*. revised edition. Prentice Hall of India. New Delhi, India.

Sudarsono., Ferdian, D., dan Soedarsono, J.W. 2003. Pengaruh Media Celup dan Waktu Tahan Pada Karburasi Padat Baja AISI – SAE 1522. *Proceeding Seminar Nasional Aplikasi Sains dan Teknologi 2003*. Institut Sains & Teknologi AKPRIND, 18 Oktober 2003.

Suryanto, H., Malau, V., dan Samsudin. 2003a. Pengaruh Penambahan Barium Karbonat pada Media Karburasi terhadap Karakteristik Kekerasan Lapisan Karburasi Baja karbon. *Proceeding Seminar Nasional Teknik Mesin 2003*. Universitas Brawijaya, Malang, 11 Oktober 2003.