

**PROSES KARBURISING PADAT DENGAN MEDIA ARANG TEMPURUNG KELAPA YANG DIGUNAKAN SECARA BERULANG PADA Pengerasan BAJA KARBON RENDAH (PACK CARBURIZING PROCESS USING RECYCLING COCONUT SHELL CHARCOAL ON LOW CARBON STEEL HARDENING)**

**Heri Wibowo dan Arianto Leman Soemowidagdo**

**Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta  
Jl. Colombo No. 1 Yogyakarta 55281**

**Abstrak**

Penelitian ini bertujuan untuk memperbaiki efisiensi proses karburising pada baja karbon rendah melalui pemakaian arang tempurung kelapa secara berulang sebagai karburiser. Arang tempurung kelapa dengan ukuran *30 mesh* digunakan untuk lima kali proses karburising secara berulang. Benda uji dari baja karbon rendah diletakkan dalam kotak karburising dari pipa baja diameter 50 mm tebal dinding 2 mm. Tiap proses karburising padat dilakukan dalam dapur pemanas selama 4 jam. Pengaruh pemakaian arang tempurung kelapa secara berulang pada proses karburising padat dianalisis berdasar hasil uji kekerasan permukaan, *case depth* dan pengamatan struktur mikro. *Case depth* optimal setebal 300  $\mu\text{m}$  terbentuk pada proses karburising menggunakan serbuk arang tempurung kelapa yang telah dipakai 2 kali proses. Arang tempurung kelapa masih layak digunakan sampai 4 kali proses karburising dengan kekerasan permukaan masih mencapai 642 VHN.

Kata kunci: arang tempurung kelapa, karburising padat, baja karbon rendah

**Abstract**

*This research aims to improve efficiency of pack carburizing process on low carbon steel using recycling coconut shell charcoal as carburizer. Coconut shell charcoal with size of 30 meshes was used for 5 times carburizing process respectively. A low carbon steel specimen packed on a steel pipe of 50 mm nominal diameter and 2 mm of wall thickness. Each pack carburizing process was conducted on a furnace for 4 hours. The effect of the use of recycling coconut charcoal shell was then analyzed based on the result of surface hardness test, case depth and micro structure observation. Optimum case depth of 300  $\mu\text{m}$  was resulted after process with 2 times coconut shell charcoal reused. The coconut shell charcoal can be used until 4 times and gives 642 VHN of surface hardness.*

*Keywords: coconut shell charcoal, pack carburizing, low carbon steel*

**PENDAHULUAN**

Perlakuan permukaan untuk memperbaiki sifat fisis dan mekanis baja karbon rendah sering dilakukan baik pada industri kecil maupun besar. Salah satu metode perlakuan permukaan terhadap baja karbon rendah tersebut adalah proses karburising,

yaitu proses penambahan unsur karbon pada permukaan baja karbon rendah yang diikuti dengan proses pengerasan permukaan. Proses karburising padat merupakan proses yang paling sederhana dibandingkan proses karburising cair dan gas, karena tidak membutuh-

kan perlengkapan khusus dengan tingkat bahaya yang relatif kecil.

Proses karburising padat menggunakan media padat untuk menambah unsur karbon (karburiser). Baja karbon rendah yang dikarburising padat diletakkan dalam sebuah kotak berisi karburiser dan dipanaskan pada temperatur 842–953<sup>0</sup>C (Budinski dan Budinski, 1999) selama waktu tertentu sehingga atom-atom karbon dari karburiser akan terdifusi ke permukaan baja karbon rendah. Proses difusi atom-atom karbon ini terjadi secara interstisi, yakni atom-atom karbon yang berukuran lebih kecil akan menyisip pada rongga-rongga kosong di antara atom-atom besi yang memiliki ukuran lebih besar.

Hukum pertama Fick's (persamaan 1) menyatakan bahwa difusi sebuah elemen dalam suatu komponen merupakan fungsi koefisien difusi dan gradien konsentrasi.

Hukum pertama Fick's:

$$J = D \left( \frac{dC}{dx} \right) \quad (1)$$

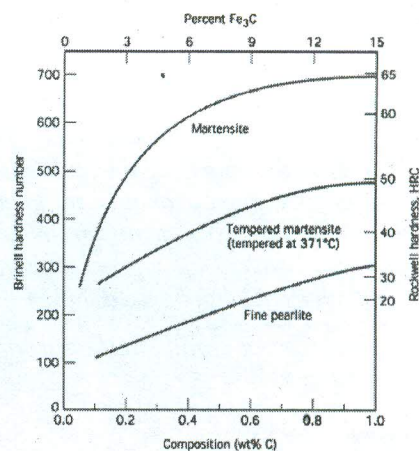
dengan:

- $J$  = fluks atom (jumlah atom/satuan waktu/satuan luas)
- $D$  = koefisien difusi (satuan luas/satuan waktu)
- $dC/dx$  = gradien konsentrasi ( $C$  = jumlah atom/volume;  $x$  = jarak)

Koefisien difusi bergantung pada jenis bahan komponen, khususnya pada jenis

atomnya. Gradien konsentrasi adalah jumlah atom/molekul yang terdapat di sekitar komponen dibandingkan dengan jumlah atom/molekul yang terdapat di dalam komponen. Pada baja dengan kadar karbon tinggi (> 1% C), jumlah kandungan karbon pada permukaan baja sudah cukup tinggi yang berarti gradien konsentrasi akan kecil sehingga karbon akan sulit terdifusi ke permukaan komponen dari baja karbon tinggi.

Kadar karbon dalam baja sangat berpengaruh terhadap kekerasan seperti tampak pada Gambar 1, bahwa semakin tinggi kadar karbon dalam baja, kekerasannya juga akan bertambah. Namun demikian, kondisi ini suatu saat akan mencapai kekerasan maksimum.



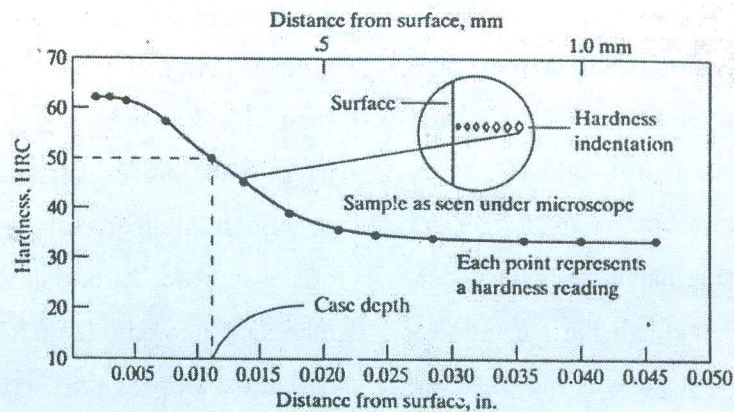
Gambar 1. Pengaruh kadar karbon terhadap kekerasan (Callister, W.D., 2001: 343)

Waktu untuk pemanasan pada temperatur austenit merupakan faktor penting dalam proses karburising. Semakin lama waktu yang digunakan untuk pemanasan,

difusi karbon akan semakin ke dalam yang ditunjukkan dengan *case depth* yang semakin tebal. *Case depth* yang mengalami pengerasan (penetrasi) karbon dirumuskan dengan persamaan 2 (Rajan, 1997):

$$Case\ depth = k\sqrt{t} \quad (2)$$

dengan:  
 $k$  = konstanta  
 $t$  = waktu



Gambar 2. Penentuan *case depth* dengan pengukuran kekerasan mikro (Budinski dan Budinski, 1999: 306)

*Case depth* juga dapat ditentukan melalui pengukuran kekerasan mikro terhadap penampang melintang benda yang dikarbura-si seperti diperlihatkan pada Gambar 2. Batasan terbentuknya *case depth* ditentukan oleh kekerasan 50 HRC atau 513 VHN.

Karburiser yang dipanaskan akan mengalami proses pirolisis sekunder atau pembakaran tidak sempurna tingkat kedua dan menghasilkan gas CO akibat reaksi antara karbon dan oksigen (persamaan 3). Gas CO akan terurai di permukaan baja karbon rendah menjadi gas CO<sub>2</sub> dan C<sub>atom</sub> (persamaan 4). C<sub>atom</sub> yang mempunyai keaktifan tinggi akan mudah terdifusi ke dalam besi gamma membentuk sementit (Fe<sub>3</sub>C) di permukaan baja karbon mengikuti persamaan 5

(Prabudev, 1995). Gas CO<sub>2</sub> yang dihasilkan pada persamaan 5, akan bereaksi kembali dengan C dari media padat membentuk gas CO mengikuti persamaan 6.



Arang tempurung kelapa masih banyak diteliti pemakaiannya sebagai karburiser seperti yang dilakukan oleh: Sudarsono, dkk. (2003), Mujiyono dan Soemowidagdo (2005), Tiwan dan Mujiyono (2005), Soemowidagdo (2006), Purboputro (2006), serta Nurdjito dan Soemowidagdo (2008). Arang tempurung kelapa diperoleh dari pembakaran tidak sempurna terhadap tempurung

kelapa yang menyebabkan senyawa karbon kompleks tidak teroksidasi menjadi karbon dioksida (Alabele, 2007). Peristiwa tersebut disebut sebagai pirolisis. Pada saat pirolisis, energi panas mendorong terjadinya oksidasi sehingga molekul karbon yang kompleks terurai sebagian besar menjadi karbon atau arang. Pirolisis untuk pembentukan arang terjadi pada temperatur 150–3000°C. Pembentukan arang tersebut disebut sebagai pirolisis primer. Arang dapat mengalami perubahan lebih lanjut menjadi karbon monoksida, gas hidrogen dan gas-gas hidrokarbon. Peristiwa ini disebut sebagai pirolisis sekunder. Makin rendah kadar abu, air, dan zat yang menguap maka makin tinggi pula kadar *fixed* karbonnya sehingga mutu arang tersebut akan makin tinggi pula.

Nurdjito dan Soemowidagdo (2008) telah meneliti pemakaian arang tempurung bekas yang dicampur dengan arang tempurung baru sebagai karburiser pada proses karburising padat pada baja karbon rendah. Penelitian tersebut mengungkap bahwa karburiser dengan 100% arang tempurung bekas (arang telah dipakai untuk satu kali proses) memberikan *case depth* setebal 230 µm, sedang karburiser dengan 0% arang tempurung kelapa bekas (arang tempurung kelapa baru) menghasilkan *case depth* setebal 200 µm.

Penelitian ini merupakan pengembangan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Nurdjito dan Soemowidagdo (2008) dan akan mengungkap pemanfaatan arang tempurung kelapa secara berulang pada proses karburising padat pada baja karbon rendah, mengingat pembuatan arang tempurung kelapa membutuhkan proses yang panjang untuk proses karburising padat. Hasil penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi proses karburising padat dengan memanfaatkan arang tempurung kelapa. Pemberian bahan pengaktif seperti barium karbonat dan natrium karbonat terhadap arang tempurung kelapa bekas merupakan perluasan permasalahan untuk meningkatkan efisiensi proses karburising padat. Hasil penelitian ini juga dapat dijadikan acuan untuk praktikum Bahan Teknik Lanjut khususnya topik karburising padat, dengan memanfaatkan serbuk arang tempurung kelapa sebagai bahan praktikum dengan seoptimal mungkin.

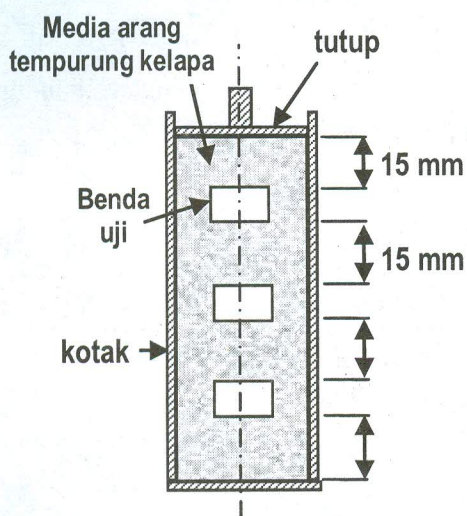
#### METODE PENELITIAN

Arang tempurung kelapa sebagai karburiser didapatkan dari pasar Beringharjo, Yogyakarta, digiling menjadi serbuk dan diayak lolos mesh 30. Benda uji dari baja karbon rendah dengan ukuran Ø 20 mm x 10 mm mempunyai komposisi kimia seperti tampak pada tabel 1.

Tabel 1. Komposisi kimia baja karbon rendah.

Unsur	Fe	C	Si	Mn	P	S
Komposisi (%berat)	99,07	0,107	0,044	0,449	0,003	0,019
Unsur	Ni	Cr	Mo	Cu	Nb	W
Komposisi (%berat)	0,054	0,059	0,004	0,040	0,01	0,08

Benda uji yang telah dipreparasi diletakkan dalam kotak berisi karburiser. Kotak karburising dibuat dari pipa baja berdiameter 50 mm dengan tebal dinding 2 mm. Bagian bawahnya ditutup plat setebal 2 mm disambung dengan cara dilas. Tutup atas juga terbuat dari plat tebal 2 mm dan ditutupkan masuk pas ke dalam pipa. Benda uji dimasukkan ke dalam kotak dengan permukaan yang akan diuji kekerasannya menghadap ke bawah. Selanjutnya kotak dimasukkan dalam dapur pemanas. Susunan benda uji dalam kotak tampak pada gambar 3.



Gambar 3. Susunan benda uji dalam kotak

Proses difusi dilakukan pada suhu  $850^{\circ}\text{C}$ , selama 4 jam (Nurdjito dan Soemowidagdo, 2008). Arang tempurung

kelapa digunakan untuk lima kali pengulangan proses karburising, dengan langkah sebagai berikut: proses ke 1 menggunakan arang tempurung kelapa baru, proses ke 2 menggunakan arang tempurung kelapa bekas proses ke 1, proses ke 3 menggunakan arang tempurung kelapa bekas proses ke 2, proses ke 4 menggunakan arang tempurung kelapa bekas proses ke 3 dan proses ke 5 menggunakan arang tempurung kelapa bekas proses ke 4. Baja karbon hasil tiap proses karburising padat, diquenching dalam media air, agar terbentuk lapisan keras pada permukaannya. Air yang memiliki konduktivitas panas tinggi digunakan sebagai media pendingin agar struktur yang terbentuk setelah pendinginan seluruhnya berupa martensit.

Indikator efektifitas arang tempurung kelapa yang dipakai secara berulang pada proses karburising padat ditentukan oleh perubahan struktur mikro dan kekerasan permukaan serta terbentuknya *case depth*. Perubahan struktur mikro diamati memakai mikroskop optik olympus, sedang perubahan kekerasan permukaan dan *case depth* diukur menggunakan alat uji kekerasan mikro Shimadzu HMV-2 dengan beban 1 kg.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan pengamatan fisis, serbuk arang tempurung yang dipakai secara berulang mengalami perubahan. Serbuk arang tempurung kelapa baru warnanya lebih hitam pekat, mudah menggumpal, lebih lengket serta terasa basah di tangan, sedangkan serbuk arang tempurung bekas warnanya semakin kelabu, butirannya semakin terurai (tidak menggumpal) dan lebih *dusty*, tidak lengket serta terasa lebih kering di tangan. Hal ini menunjukkan terjadi perubahan kandungan pada serbuk arang tempurung setelah dipakai berulang kali pada proses karburising padat, yaitu: kadar air dan karbon semakin berkurang, serta kadar abu semakin bertambah. Melihat kondisi ini, berarti serbuk arang tempurung kelapa mengalami penurunan kualitas.

Volume serbuk arang tempurung kelapa bekas juga mengalami perubahan. Setelah dipakai secara berulang kali, volume serbuk arang tempurung kelapa semakin kecil walaupun beratnya sama. Hal ini disebabkan oleh semakin bertambahnya kadar abu yang kemudian mengisi rongga-rongga kosong di antara serbuk arang tempurung kelapa. Akibatnya rongga-rongga yang merupakan kantung-kantung oksigen diantara serbuk arang tempurung kelapa semakin berkurang, sehingga jumlah oksigen menjadi berkurang. Mujiyono dan Soemowidagdo (2008) me-

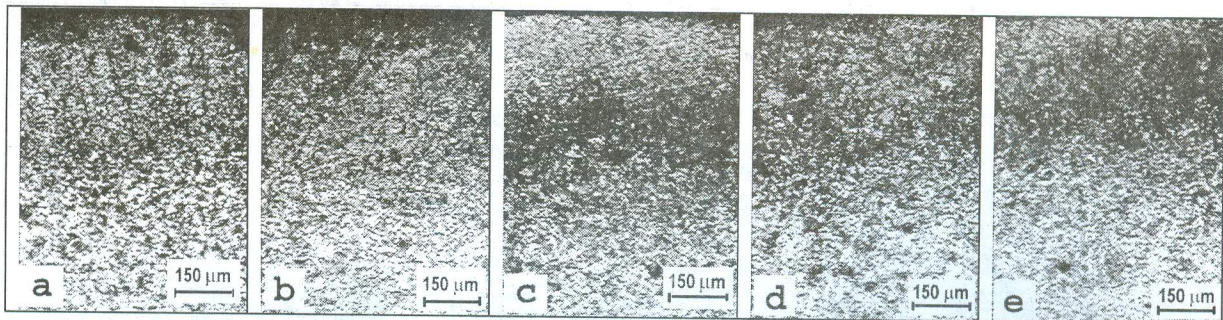
nyatakan bahwa berkurangnya rongga-rongga udara diantara media karburasi akan mengurangi efektifitas karburizer tersebut selama proses difusi. Hal ini akan membuat proses pirolisis sekunder terhambat, sehingga proses pembentukan gas CO sesuai persamaan 3, yang dibutuhkan untuk proses difusi juga berkurang. Akibatnya pembentukan  $C_{atom}$  pada persamaan 4 juga berkurang. Kondisi ini menjelaskan fenomena menurunnya kualitas media karburasi setelah digunakan secara berulang.

Hasil pengamatan struktur mikro pada gambar 4 menunjukkan bahwa atom-atom karbon berdifusi secara interstisi ke permukaan baja karbon rendah. Difusi ini ditandai dengan terbentuknya struktur martensit pada sisi tepi banda uji setelah dicelup dingin dalam air. Martensit akan terbentuk pada baja dengan kandungan karbon cukup tinggi yang didinginkan secara mendadak.

Gambar 4c menunjukkan bahwa proses karburising padat menggunakan arang tempurung kelapa yang telah dipakai untuk 2 proses kali terbentuk *case depth* optimal, sedangkan pada proses dengan serbuk arang tempurung kelapa baru justru terbentuk *case depth* yang lebih tipis seperti tampak pada Gambar 4a. Pada arang tempurung kelapa baru kadar air yang cukup tinggi menyebabkan dekarburising atau terlepasnya kembali

atom karbon sebagai akibat terlalu banyak terbentuk senyawa  $\text{CO}_2$  atau  $\text{H}_2\text{O}$  pada per-

mukaan benda uji (Rajan, 1997: 229), meskipun kandungan karbonnya cukup tinggi.



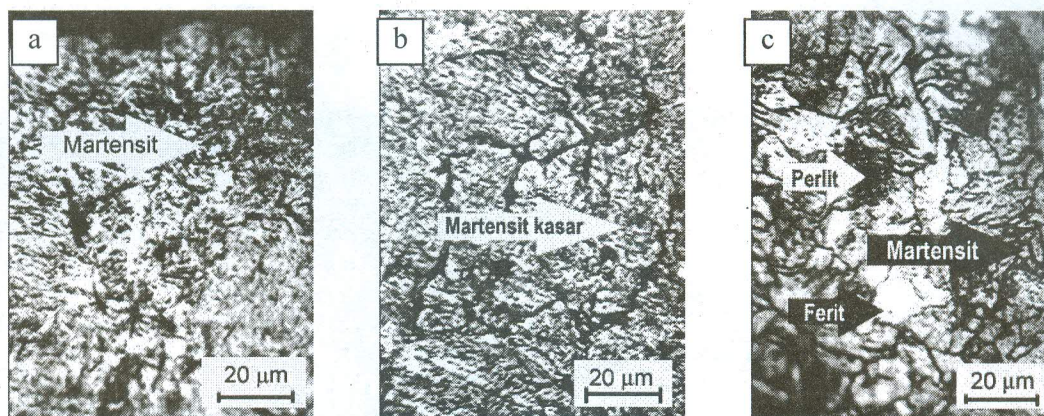
Gambar 4. Struktur mikro pengaruh pemakaian arang tempurung kelapa secara berulang: (a) proses 1, (b) proses 2, (c) proses 3, (d) proses 4, dan (e) proses 5.

Pada proses karburising padat dengan arang tempurung yang telah dipakai untuk 2 kali proses dapat tercapai *case depth* optimal karena pada kondisi ini tercapai kombinasi kadar air, kadar karbon dan kadar abu yang optimal. Kadar air tidak terlalu tinggi karena air telah menguap pada 2 kali proses karburising padat sebelumnya, sedang kadar abu belum terlalu banyak, tetapi kadar karbon masih mencukupi untuk proses karburising padat. Di sisi lain, rongga-rongga di antara serbuk arang tempurung kelapa masih cukup efektif dalam menyediakan oksigen yang dibutuhkan selama proses pirolisis sekunder.

*Case depth* yang terbentuk semakin tipis saat proses karburising padat dilakukan menggunakan arang tempurung kelapa yang telah dipakai untuk 3 dan 4 kali proses. Hal ini terjadi karena kadar karbon pada arang tempurung kelapa semakin sedikit dan kadar

abu semakin bertambah, sehingga laju difusi semakin lambat. Fenomena ini sesuai dengan hukum Fick's pertama (persamaan 1) yang menyatakan bahwa difusi atom akan semakin sulit terjadi jika gradien konsentrasi semakin rendah.

Lapisan keras yang terbentuk setelah benda uji *diquenching* dalam air terdiri dari struktur martensit halus pada sisi tepi yang semakin ke tengah berubah menjadi struktur martensit yang lebih kasar. Kemudian diikuti oleh struktur transisi yang merupakan campuran antara struktur martensit, ferit (warna putih), dan perlit (warna gelap). Pada bagian tengah benda uji strukturnya masih tetap berupa ferit dan perlit (Gambar 5). Kondisi ini menunjukkan bahwa semakin ke bagian tengah benda uji, difusi atom karbon semakin rendah karena gradien konsentrasi yang semakin kecil.



Gambar 5. Struktur mikro hasil karburising: (a) tepi: martensit halus, (b) agak ketengah: martensit kasar, (c) transisi: campuran martensit kasar, ferit dan perlit,

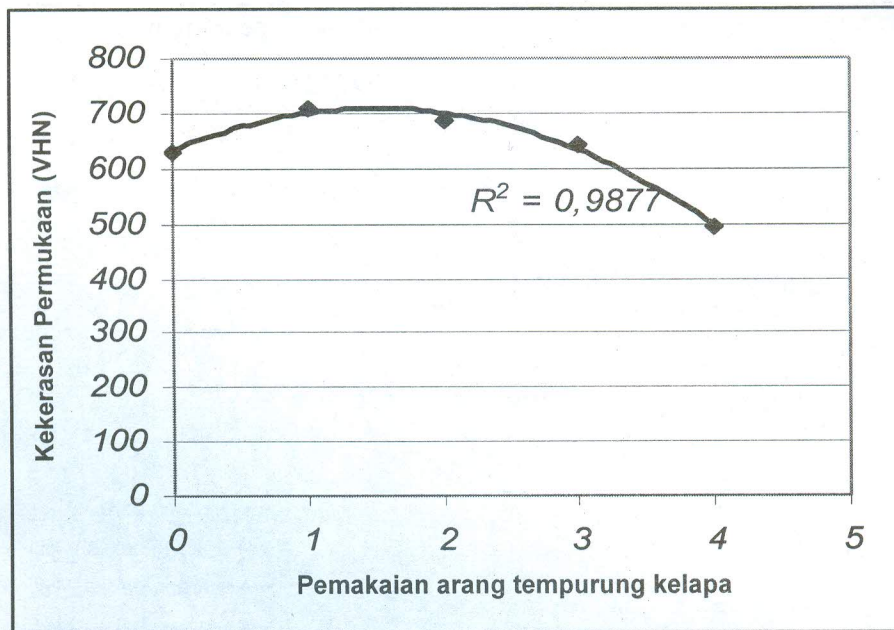
Dari hasil pengujian kekerasan permukaan dengan metode pengukuran kekerasan permukaan mikro vickers dibuat kurva perubahan kekerasan permukaan terhadap pemakaian arang serbuk tempurung kelapa seperti yang disajikan pada Gambar 6. Kurva tersebut mengikuti persamaan  $y=33,754x^2+101,14x+632,96$  dan titik balik maksimum dicapai pada  $x$  antara 1 dan 2. Hal ini berarti bahwa pada range  $1 < x < 2$ , proses karburising padat mencapai kondisi optimal.

Gambar 6 menunjukkan bahwa kekerasan permukaan pada kondisi optimal berkisar 700 VHN. Hal ini berarti pada kondisi tersebut kadar karbon pada permuka-

an baja karbon minimal 0,8% sesuai Gambar 1. Berdasarkan Gambar 1 tersebut, struktur martensit pasti terbentuk pada permukaan baja karbon sesuai Gambar 4 dan 5.

Meskipun demikian, serbuk arang tempurung kelapa masih layak digunakan untuk karburising padat sampai dengan proses ke 4. Hal ini terbukti bahwa kekerasan permukaan baja karbon masih mencapai 642 VHN. Berdasarkan gambar 2, arang tempurung kelapa sudah tidak layak dipakai untuk proses ke 5, karena kekerasan permukaan yang diperoleh hanya tercapai 492 VHN yang berarti sudah tidak terbentuk *case depth*.





Gambar 6. Kekerasan Permukaan terhadap pemakaian ulang serbuk arang tempurung kelapa.

Dari data hasil pengukuran *case depth* dengan metode pengukuran kekerasan mikro vickers dibuat kurva perubahan kekerasan terhadap jarak seperti disajikan pada Gambar 7. Kurva tersebut menunjukkan bahwa *case depth* optimal dicapai pada proses karburising padat menggunakan serbuk arang tempurung kelapa yang telah dipakai untuk 2 kali proses ditandai dengan lapisan keras yang diperoleh setebal 300  $\mu\text{m}$  yaitu pada kekerasan 513 VHN atau 50 HRC (Budinski dan Budinski, 1999: 306). Sesuai dengan pembahasan perubahan struktur mikro, hal ini tampaknya terkait dengan kadar air, kadar karbon dan kadar abu.

Penurunan kekerasan dari bagian tepi ke bagian tengah benda uji seperti yang tampak pada Gambar 7, menunjukkan bahwa

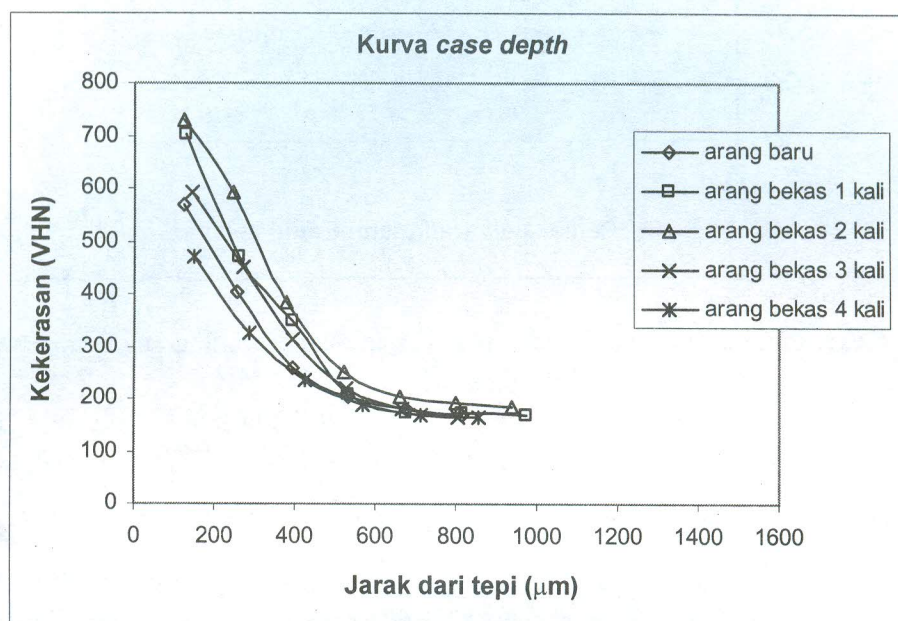
atom karbon yang terdifusi ke bagian tengah semakin sedikit. Hal ini sesuai dengan persamaan 1 dan Gambar 1 sehingga struktur mikro yang muncul dibagian tengah benda uji hanyalah ferit dan perlit seperti tampak pada Gambar 5c.

Pada proses dengan serbuk arang tempurung kelapa yang telah dipakai untuk 5 kali proses, tampak bahwa tidak terbentuk *case depth*. Ini membuktikan bahwa serbuk arang tempurung kelapa tidak efektif lagi setelah dipakai untuk 5 kali proses karburising padat. Hal ini sesuai dengan pembahasan tentang proses karburising yang telah diuraikan di atas.

Pada Gambar 7 juga teramati ternyata lapisan *case depth* yang dihasilkan arang tempurung kelapa baru tidak mencapai

kondisi maksimum. Ini merupakan bukti bahwa kadar air dan zat menguap mempunyai pengaruh yang sangat besar terhadap proses karburising padat yang memanfaatkan bahan alam sebagai media karburasi. Oleh sebab itu masih diperlukan

banyak penelitian untuk menelaah kandungan unsur-unsur pada media karburasi dari alam untuk mendapatkan metode sederhana dan murah proses karburising padat dengan mengoptimalkan bahan alam.



Gambar 7. Kurva *case depth* pengaruh pemakaian ulang serbuk arang tempurung kelapa.

## KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Hasil pengamatan struktur mikro menunjukkan *case depth* optimal terbentuk pada proses karburising padat menggunakan serbuk arang tempurung kelapa yang telah dipakai untuk 2 kali proses karburising padat.
2. Tebal lapisan *case depth* hasil pada proses karburising padat menggunakan

serbuk arang tempurung kelapa yang telah dipakai untuk 2 kali proses adalah 300 μm.

3. Hasil pengujian kekerasan menunjukkan arang tempurung kelapa masih layak digunakan untuk karburising padat sampai dengan 4 kali proses (kekerasan masih mencapai 642 VHN). Namun tidak layak untuk proses ke 5, karena kekerasan permukaan hanya tercapai 492 VHN.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alabele, September 2007, *Arang Tempurung Kelapa*, <http://www.alabele.org>, unduh 28 Maret 2008.
- Budinski, G., dan Budinski, K., 1999, *Engineering Materials-properties and selection*, 6<sup>th</sup> edition, Prentice Hall International, Inc., New Jersey, USA.
- Callister, W.D., 2001, *Fundamentals of Materials Science and Engineering*, 5<sup>th</sup> edition, John Wiley & Sons, Inc., USA.
- Foreman, R., W., 1991, *Padat Carburizing of steel*, ASM Hand Book volume 4: Heat Treating ASM International, USA, Page 325-328.
- Mujiyono dan Soemowidagdo, A.L., 2005, Pemanfaatan Natrium Karbonat Sebagai Energizer Pada Proses Karburising Untuk Meningkatkan Kekerasan Baja Karbon Rendah, *Laporan Penelitian*, FT-UNY, Yogyakarta.
- Mujiyono dan Soemowidagdo, A.L., 2008, Meningkatkan Efektifitas Karburisasi Padat pada Baja Karbon Rendah dengan Optimasi Ukuran Serbuk Arang Tempurung Kelapa, *Jurnal Teknik Mesin*, UK Petra Surabaya Volume 10, Nomor 1, April 2008, hal: 8-14.
- Nurdjito dan Soemowidagdo, A.L., 2008, Campuran Arang Tempurung Kelapa Bekas Dan Arang Tempurung Kelapa Baru Untuk Media Karburasi Baja Karbon Rendah, *Media Teknika*, FT Sanata Darma Yogyakarta, Volume 8, Nomor 1, Juni 2008, hal: 52-60.
- Prabudev, K.H. (1995). *Handbook of heat treatment of steels*. New Delhi: Mc Graw Hill.
- Purboputro, P.I., 2006, Pengaruh Waktu Penahanan terhadap Sifat Fisis dan Mekanis pada Proses Pengarbonan Padat Baha Mild Steel, *Media Mesin*, Vol.7, No.1, Januari 2006, hal:9 – 16, UMS, Kartasura.
- Rajan, T.V., Sharma, C.P., dan Sharma, A., 1997, *Heat Treatment-Principles and Techniques*, revised edition, Prentice Hall of India, New Delhi, India.
- Arianto Leman S., 2006, Kalsium karbonat sebagai energizer pada proses karburising untuk meningkatkan kekerasan baja karbon rendah, *Prosiding Seminar Nasional Gabungan Perkembangan Riset dan Teknologi di Bidang Material dan Proses ke-2 – Perkembangan Riset dan Teknologi di Bidang Industri ke-12*, Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta, BT39-BT44.
- Sudarsono., Ferdian, D. & Soedarsono, J.W., 2003, Pengaruh media celup dan waktu tahan pada karburasi padat baja AISI SAE 1522, *Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains dan Teknologi 2003*, Institut Sains & Teknologi AKPRIND, 166-170.
- Tiwan dan Mujiyono, 2005, Pengaruh Penambahan Barium Karbonat ( $BaCO_3$ ), Temperatur Dan Lama Pemanasan Terhadap Peningkatan Kekerasan Baja Karbon Rendah Pada Proses Karburising Dengan Media Serbuk Tempurung Kelapa, *Laporan Penelitian*, FT-UNY, Yogyakarta