

Meningkatkan Efektifitas Karburisasi Padat pada Baja Karbon Rendah dengan Optimasi Ukuran Serbuk Arang Tempurung Kelapa

Mujiyono dan Arianto Leman Sumowidagdo
Jurusan Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik
Universitas Negeri Yogyakarta
Email: mujiyonouny@yahoo.com

ABSTRAK

Karburising padat merupakan metode karburisasi yang paling sederhana, yaitu menggunakan serbuk arang sebagai penambah unsur Karbon. Tujuan penelitian adalah untuk meningkatkan efektivitas hasil proses karburising yang menggunakan serbuk arang tempurung kelapa pada Baja Carbon Rendah. Arang tempurung kelapa dibuat serbuk dan diayak dengan ukuran butir 150, 250, 279, 600, 850 dan 2000 μm . Benda uji yang digunakan adalah baja karbon rendah dengan kandungan 0,082% C. Proses karburising padat dilakukan pada suhu 850 $^{\circ}\text{C}$ selama 4 jam. Proses pengerasan dilakukan dengan memanaskan ulang benda uji pada suhu 850 $^{\circ}\text{C}$, ditahan 5 menit, kemudian dicelup ke dalam air bersuhu 28 $^{\circ}\text{C}$. Struktur Martensit yang terbentuk diamati dengan mikroskop dan diuji dengan *Micro Vickers Hardness Tester*. Dari penelitian ini disimpulkan bahwa serbuk tempurung kelapa dengan ukuran antara 250 hingga 600 μm efektif digunakan untuk proses karburising padat pada Baja Karbon Rendah. Dengan waktu tahan karburising selama 4 jam, maka akan terjadi difusi Karbon hingga kedalaman 1200 μm dan kekerasan permukaan baja dapat meningkat hingga 250% dari kekerasan semula.

Kata kunci: Karburising padat, difusi karbon, ukuran serbuk arang, Martensit.

ABSTRACT

Pack carburizing is the simplest method of carburizing process that use charcoal powder as carbon element adder. The research target is to increase the effectiveness of charcoal powder as pack carburizing media. Coconut shell charcoal was made into powder then sifted with size of 150, 250, 279, 600, 850 and 2000 μm . Specimens were Low Carbon Steel which contain 0,082 % C. The pack carburizing process was conducted for 4 hours at 850 $^{\circ}\text{C}$. The hardening process was done by reheating at 850 $^{\circ}\text{C}$ with 5 minutes holding time and quenched into water of 28 $^{\circ}\text{C}$ to form Martensite structure that was observed by optic microscope and Micro Vickers Hardness Tester. The conclusion of the research are that 250 until 600 μm powder size of coconut shell charcoal can use to pack carburizing media. With 4 hours for pack carburizing process, case depth of carbon diffusion on surface specimen is about 1200 μm and surface hardness specimen increase 250% to base material

Keywords: Pack carburizing, carbon diffusion, charcoal powder size, Martensite.

PENDAHULUAN

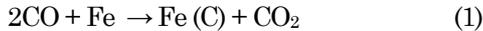
Karburising adalah sebuah proses penambahan unsur Karbon pada permukaan logam dengan cara difusi untuk meningkatkan sifat fisis dan mekanisnya. Pada umumnya proses karburisasi diikuti dengan perlakuan Pendinginan Cepat (*quenching*) untuk meningkatkan kekerasannya sehingga permukaan logam menjadi lebih tahan aus [1]. Metode proses ini dibedakan menurut media karburasinya yaitu gas, cair dan padat. Proses karburisasi telah dikembangkan sedemikian rupa menggunakan teknologi canggih, misalnya metode karburisasi cair sistem vakum untuk pembuatan roda gigi *helix* [2]. Namun demikian, karburisasi padat yang merupakan metode yang paling sederhana masih digunakan

pada industri-industri kecil di Indonesia. Misalnya untuk penyepuhan pisau yang memanfaatkan arang baterai bekas [3].

Berbagai usaha telah dilakukan untuk memperbaiki proses karburisasi padat dengan menambahkan energizer atau bahan pengaktif seperti Barium Karbonat [4,5], Natirum Karbonat [6,7] dan Kalsium Karbonat [8]. Bahan pengaktif tersebut akan mempercepat terbentuknya gas CO yang dibutuhkan untuk proses difusi Karbon pada permukaan Baja Karbon Rendah. Usaha lain yang belum diteliti adalah penggunaan ukuran butir serbuk media karburisasi yang optimal.

Pada metode karburisasi padat, komponen yang akan dikarburisasi ditempatkan dalam kotak yang berisi media penambah unsur karbon atau media

karburasi, kemudian dipanaskan pada suhu austenisasi (842–953 °C). Akibat pemanasan ini, media karburasi akan teroksidasi menghasilkan gas CO₂ dan CO [9]. Gas CO akan bereaksi dengan permukaan baja membentuk atom Karbon yang kemudian berdifusi ke dalam baja mengikuti persamaan:



Gas CO₂ ini sebagian akan bereaksi kembali dengan karbon dari media karburasi membentuk CO dan sebagian lagi akan menguap. Ini berarti bahwa Oksigen harus tersedia cukup dalam kotak agar proses dapat berlangsung dengan baik. Media karburasi yang berbentuk serbuk akan memunculkan rongga-rongga di dalam kotak. Semakin besar ukuran serbuk maka semakin besar rongganya, namun akan semakin sedikit kontak antara media karburasi dengan permukaan komponen. Ukuran serbuk yang besar juga akan mengurangi efektifitas proses karburisasi padat, terutama jika komponen yang dikarburisasi memiliki bentuk yang rumit. Di sisi lain, semakin kecil ukuran serbuk semakin kecil rongganya sehingga mengurangi jumlah Oksigen dalam kotak. Bagaimanapun juga, rongga ini diperlukan untuk menjamin pergerakan gas-gas yang muncul selama proses di dalam kotak. Oleh sebab itu, ukuran butir serbuk yang efektif pada proses karburising padat perlu ditentukan agar proses menjadi optimal.

METODE PENELITIAN

Penyiapan Bahan

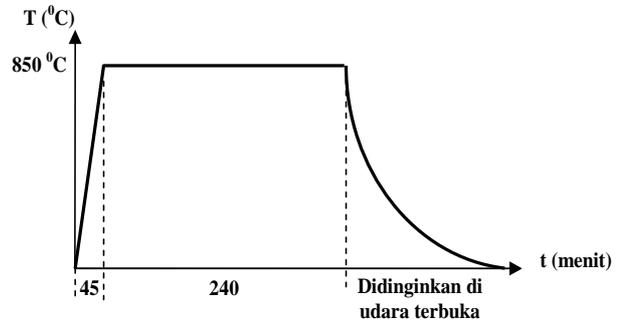
Bahan untuk karburising padat dibuat dari arang tempurung kelapa yang digiling dengan blender menjadi serbuk. Selanjutnya diayak berturut-turut mulai dari ayakan dengan ukuran mesh 100, 60, 50, 30, 20, dan 10 sehingga diperoleh serbuk dengan ukuran butir 150, 250, 279, 600, 850 dan 2000 µm. Penyaringan dengan mesh 100 menghasilkan serbuk arang dengan ukuran butir 150 µm, mesh 60 menghasilkan ukuran butir 250 µm dan seterusnya. Sedang Baja Karbon Rendah yang digunakan merupakan batang lonjoran dengan penampang lingkaran berdiameter 22 mm dan setelah diuji di PT. Itokoh Ceperindo, Klaten ternyata memiliki komposisi kimia seperti pada Tabel 1.

Bahan baja tersebut dibubut sehingga diameternya menjadi 20 mm, kemudian dipotong menjadi benda uji dengan tebal 10 mm. Selanjutnya, per-

mukaan benda uji diampelas secara bertahap mulai dari amplas nomor 150, 240, 400, 600, 800, 1000 dan 1500, serta dipoles dengan Batu Langsol sehingga diperoleh permukaan yang bersih dan halus. Untuk masing-masing variabel ukuran serbuk arang, disiapkan 3 buah replikasi benda uji.

Prosedur Pengujian

Benda uji diletakkan dalam media karburasi pada pipa baja berdiameter 76,2 mm yang bagian bawah dan atasnya ditutup campuran pasir semen. Proses karburisasi dilakukan pada Dapur Pemanas Wilmonn dengan siklus seperti pada Gambar 5. Proses pengerasan dilakukan dengan memanaskan kembali benda uji pada suhu 850 °C, ditahan selama 5 menit, kemudian seluruh benda uji dicelup secara bersamaan ke dalam air bersuhu 28 °C.



Gambar 1. Siklus pemanasan proses karburising

Perubahan fasa akibat perlakuan karburisasi dan pengerasan diamati menggunakan Mikroskop Optik Olympus. Tebal lapisan difusi (*case depth*) yang diperoleh dari hasil proses karburisasi ditentukan melalui pengukuran kekerasan dari tepi benda uji menggunakan *Micro Vickers Hardness Tester* Shimadzu HMV-2 dengan beban penekanan 1 kg. Sesuai dengan metode yang dikemukakan oleh Budinski [9] untuk mengukur *case depth* dapat menggunakan indikator perubahan kekerasan permukaan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses Karburisasi

Waktu proses karburisasi 4 jam menghasilkan proses difusi Karbon ke permukaan baja cukup dalam, tetapi belum maksimal karena bila ada penambahan waktu terjadi kedalaman difusi yang

Tabel 1. Komposisi Kimia Baja Carbon Rendah.

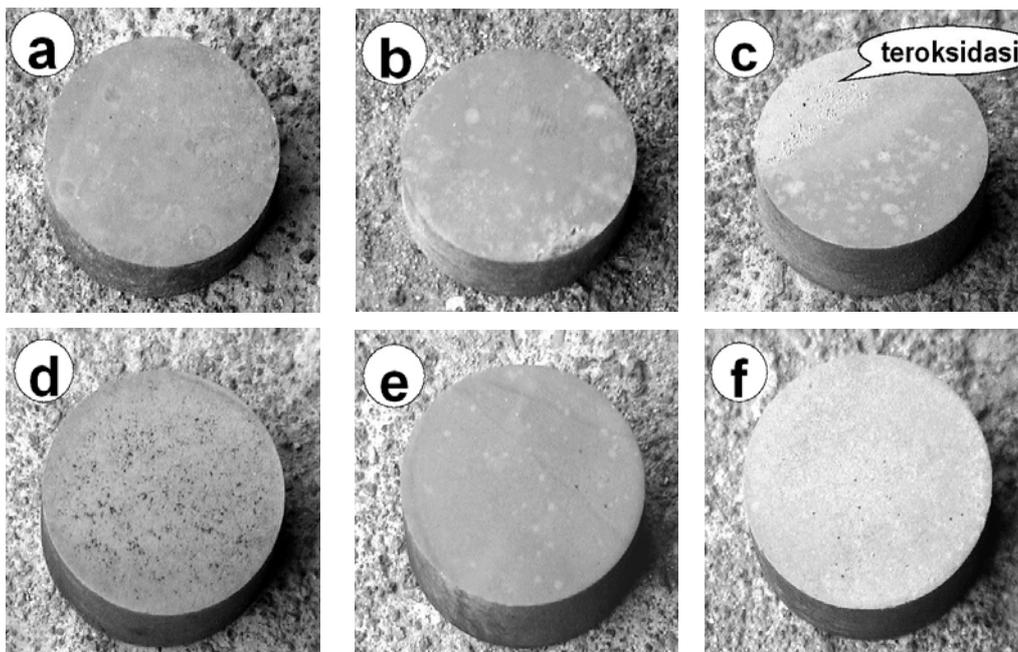
Unsur	Fe	C	Si	Mn	P	S	
Komposisi (%berat)	99,04	0,082	0,067	0,475	0,016	0,018	
Unsur	Ni	Cr	Mo	Cu	Nb	V	W
Komposisi (%berat)	0,134	0,072	0,004	0,027	0,01	0,01	0,06

meningkat [5,7,8]. Pemilihan waktu proses karburisasi 4 jam dengan asumsi jumlah atom Karbon yang terdifusi ke permukaan benda uji sudah cukup, namun tidak mencapai maksimal. Hal ini dimaksudkan agar perubahan yang terjadi sebagai akibat perbedaan ukuran butir arang tempurung kelapa dapat diamati. Air dipilih sebagai media pendingin untuk menjamin terbentuknya struktur Martensit yang keras sehingga diperoleh perubahan kekerasan pada permukaan komponen secara signifikan. Setelah pencelupan suhu air ternyata naik menjadi 30 °C. Hal ini berarti jumlah air yang digunakan sudah mencukupi untuk pengerasan.

Desain kotak karburisasi pada penelitian ini dapat menahan udara masuk ke dalam media karburasi dan mengurangi terjadinya proses oksidasi sehingga proses pembentukan gas CO lebih efektif. Hal ini menunjukkan bahwa desain tabung yang ditutup dengan pasir semen cukup efektif untuk proses karburisasi padat sehingga menghasilkan benda uji bersih dari kerak dan tidak berwarna hitam. Arang dalam kotak karburising masih berwarna merah walaupun dibuka setelah 30 menit dari dapur pemanas. Fenomena ini menunjukkan energi panas yang tersimpan di dalam tabung masih tinggi sehingga terjadi proses oksidasi ketika bersentuhan dengan udara. Pada serbuk dengan ukuran butir 600 µm, ketika benda uji dikeluarkan dari media karburasi permukaannya sedikit teroksidasi oleh udara luar akibat tingginya energi panas dalam kotak karburisasi seperti terlihat pada Gambar 2c.

Pengamatan Struktur Mikro

Setelah melalui proses karburisasi dan pengerasan, benda uji diamati struktur mikronya menggunakan mikroskop optik sebagaimana Gambar 3. Struktur Martensit terbentuk pada permukaan hingga kedalaman antara 1100-1350 µm seperti terlihat pada Gambar 3a dan 3b. Batas antara struktur Martensit dan Ferit terlihat pada Gambar 3c, menunjukkan batas difusi Karbon ke Baja Karbon Rendah. Setelah tidak ada difusi Karbon, struktur mikro yang terbentuk adalah Ferit walaupun sudah mengalami proses pengerasan. Hal ini terjadi karena kurangnya Karbon yang terjebak di sel satuan *Body-Centered Cubic* (BCC) sehingga tidak dapat membentuk Martensit. Pada temperatur di atas Garis A₂ dalam Diagram Fasa Fe-C, yaitu garis batas perubahan fasa dari Ferit berubah menjadi Austenit yang mempunyai sel satuan *Face-Centered Cubic* (fcc) dengan daya larut Karbon hingga 0,8%. Pendinginan hingga di bawah Temperatur Austenisasi, terjadi perubahan fase dari Austenit ke Ferit yang mempunyai sel satuan BCC dengan daya larut Karbon hanya 0,25%. Pendinginan yang lambat memberikan kesempatan pada Karbon keluar dari sel FCC sehingga perubahan ke sel BCC berjalan dengan baik sedangkan Karbon yang keluar membentuk Karbida Besi Fe₃C. Tetapi sebaliknya, pendinginan cepat akan mengakibatkan perubahan fase dari FCC ke BCC juga sangat cepat sehingga karbon tidak sempat keluar dan terjebak di dalam sel BCC karena daya larut terhadap Karbon lebih kecil dibanding FCC. Hal



Gambar 2. Hasil karburising dengan ukuran serbuk arang tempurung kelapa: (a) 2000; (b) 850; (c) 600; (d) 279; (e) 250; dan (f) 150 µm.

ini berakibat pada terbentuknya struktur sel BCC yang terdeformasi oleh atom Karbon. Struktur baru ini adalah Martensit dengan sifat sangat keras tetapi getas. Apabila kandungan Karbon kurang dari 0,25 %, Martensit tidak akan terbentuk meskipun sudah didinginkan cepat karena semua Karbon yang ada dalam Austenit masih dapat larut dalam Ferit.

Bahan logam awal (*base material*) yang mempunyai kandungan karbon 0,082% tidak terbentuk fasa Martensit meskipun sudah mengalami pendinginan cepat, tetapi didominasi oleh Ferit. Pada kedalaman lebih besar dari 1300 μm tidak tampak fasa Martensit tetapi hanya Ferit saja karena kandungan karbonnya kurang dari 0,25 % seperti terlihat pada Gambar 2d. Hal ini mengindikasikan bahwa difusi Karbon dari proses karburisasi tidak sampai pada kedalaman ini sehingga tidak terbentuk Martensit, konsekuensinya mempunyai sifat ulet pada bagian dalam dan keras pada bagian permukaan. Komposisi ini dapat menghasilkan komponen yang ulet tetapi tahan aus.

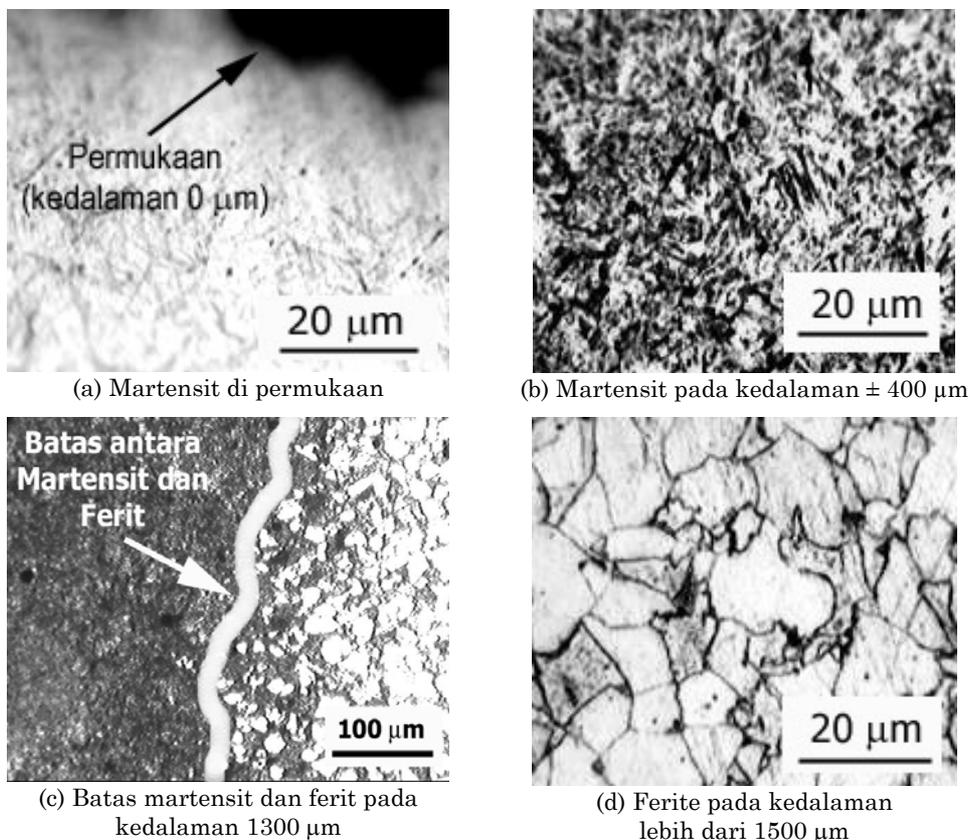
Tebal Lapisan Difusi (*Case Depth*)

Uji kekerasan menggunakan *Microhardness Vickers Tester Shimadzu HMV-2* untuk mengetahui kedalaman lapisan keras struktur martensit yang terbentuk akibat proses karburisasi dan pengerasan.

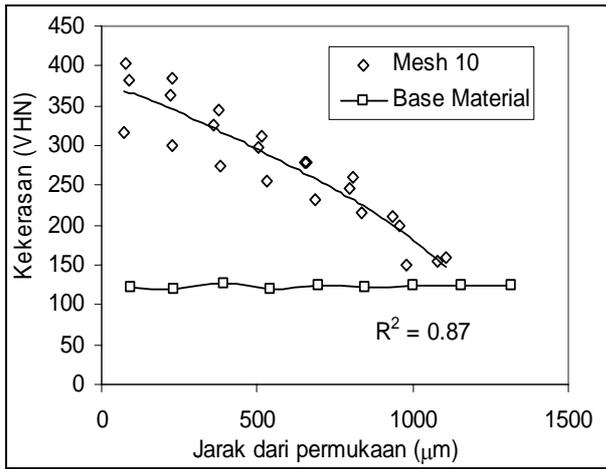
Struktur Martensit ini mengindikasikan kedalaman difusi Karbon, karena sebelum di karburisasi, baja dengan kandungan Karbon 0,082%, tidak dapat membentuk Martensit sehingga pada kedalaman tertentu terjadi perbedaan kekerasan.

Base material yang tidak dikarburising memiliki kekerasan yang hampir sama baik di permukaan maupun di kedalaman tertentu meskipun sudah dikeraskan karena tidak terbentuk martensit. Ukuran butiran serbuk arang mempunyai pengaruh terhadap difusi Karbon ke dalam permukaan bahan seperti terlihat pada Gambar 4. Semakin dalam, kekerasannya menurun karena jumlah Karbon yang berdifusi semakin sedikit. Pada kedalaman lebih dari 1300 μm , tidak terjadi perbedaan kekerasan dengan *base material* yang mengindikasikan tidak ada penambahan Karbon selama proses karburisasi sehingga tidak dapat membentuk Martensit lagi.

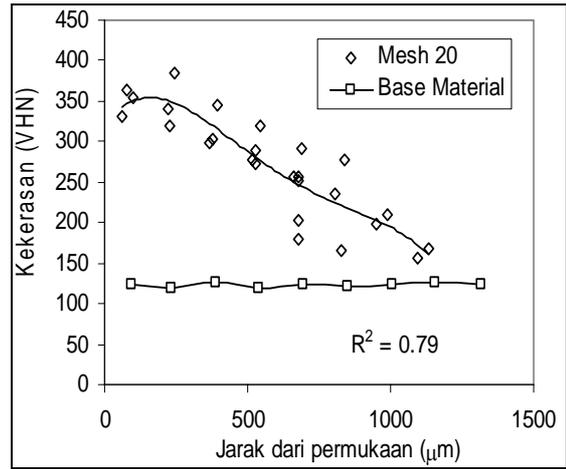
Data hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa ukuran butir serbuk arang yang digunakan untuk media karburisasi berpengaruh terhadap difusi Karbon kedalam Baja Karbon Rendah. Waktu tahan (*soaking*) yang digunakan untuk proses karburisasi adalah 4 jam dengan *case depth* mencapai 1000 μm . Peningkatan kekerasan permukaan antara 340 sampai 429 VHN atau 178 % sampai dengan 250 % dari kekerasan *base material* 122 VHN.



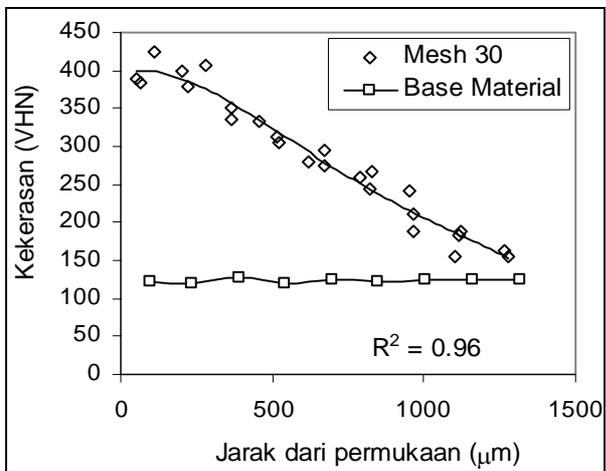
Gambar 3. Struktur Mikro Hasil Karburisasi dan Pengerasan



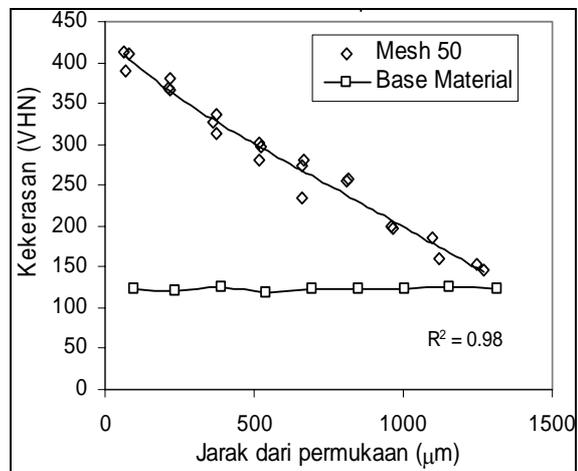
(a) Ukuran serbuk 2000 μm (mesh 10)



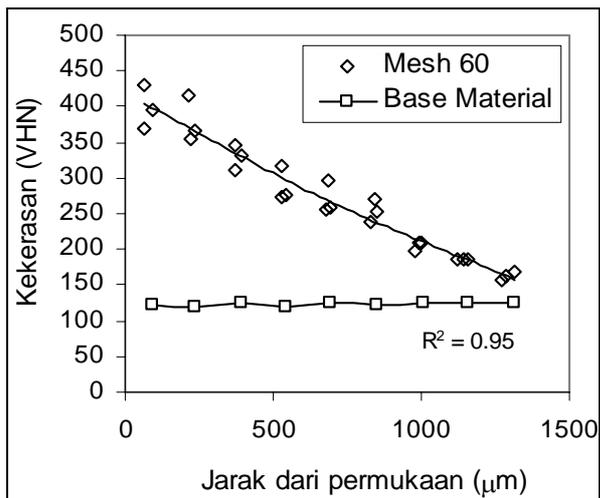
(b) Ukuran serbuk 850 μm (mesh 20)



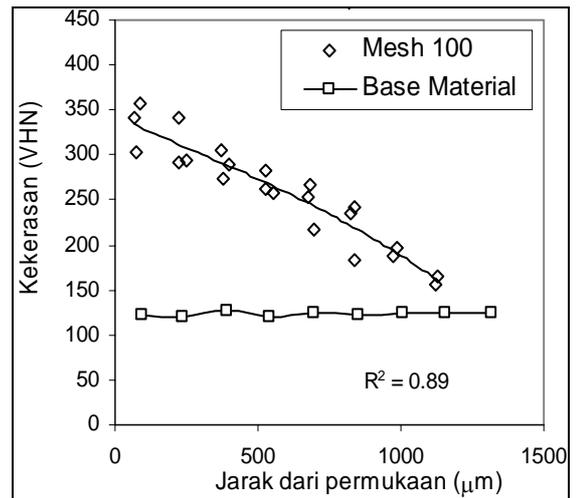
(a) Ukuran serbuk 600 μm (mesh 30)



(b) Ukuran serbuk 279 μm (mesh 50)

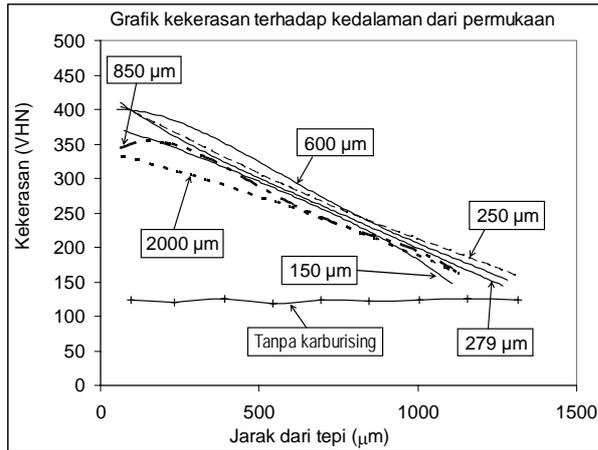


(a) Ukuran serbuk 250 μm (mesh 60)



(b) Ukuran serbuk 150 μm (mesh 60)

Gambar 4. Case Depth Hasil Karburisasi



Gambar 5. Perbandingan Ukuran Butir Serbuk Terhadap Case Depth

Serbuk berukuran 250, 279, 600, 850 dan 2000 µm mempunyai ukuran yang seragam (*monomize*), tetapi serbuk berukuran 150 µm tidak *monomize*. Kondisi ini disebabkan oleh metode penyaringan bertingkat mulai dari ayakan ukuran mesh 100. Sisa serbuk arang yang tidak lolos disaring kembali dengan ayakan mesh 60 dan seterusnya. Akibatnya untuk serbuk yang lolos ayakan mesh 100 tidak *monomize* karena serbuk yang lolos terdiri dari serbuk yang masih dapat lolos ayakan mesh 100, 200, 300 dan seterusnya. Tetapi untuk serbuk yang lolos ayakan ukuran mesh 10 sampai dengan 60 dapat dipastikan mempunyai ukuran yang relatif seragam karena serbuk yang lolos berukuran sesuai lubang ayakan sehingga tidak mungkin lebih besar karena akan tertahan sedangkan yang lebih kecil sudah lolos pada pengayakan sebelumnya.

Karburisasi dengan ukuran serbuk arang 150, 850 dan 2000 µm memberikan *case depth* antara 1100–1200 µm yang berarti lebih rendah bila dibandingkan dengan ukuran serbuk 250, 279 dan 600 µm yaitu antara 1300–1350 µm. Difusivitas Karbon ke dalam Baja Karbon Rendah, meningkat mulai dari ukuran serbuk 2000 dan 850 µm ke ukuran serbuk 600 dan 279 µm. Pada ukuran serbuk 250 µm difusivitas Karbon mulai menurun dan ukuran serbuk 150 µm memberikan difusivitas terendah (Gambar 5).

Serbuk arang tempurung kelapa berukuran 600 sampai 250 µm relatif lebih efektif untuk media karburisasi. Hal ini disebabkan oleh faktor luas permukaan kontak serbuk dengan benda uji dan kelancaran pergerakan Oksigen diantara celah-celah serbuk media karburisasi. Serbuk berukuran 2000 dan 850 µm mempunyai sirkulasi Oksigen yang sangat baik, tetapi luas permukaan kontak antara media karburisasi dan benda uji lebih rendah dibanding serbuk berukuran 600, 279 dan 250 µm. Serbuk dengan ukuran butir 150 µm mempunyai difusivitas Karbon terendah karena pergerakan gas di antara

butiran-butiran serbuk arang tidak bagus akibat celah yang sangat sempit, walaupun luas permukaan kontakannya paling besar. Di sisi lain, pada serbuk 150 µm ukurannya tidak *monomize*, di dalamnya masih terdapat serbuk-serbuk arang yang ukurannya lebih kecil sehingga celah-celah di antara serbuk semakin sempit. Akibatnya pergerakan oksigen dalam kotak semakin terbatas.

Pengamatan lebih lanjut terhadap Gambar 5, ukuran serbuk 600 µm memberi hasil sedikit lebih baik dari pada serbuk ukuran 279 dan 250 µm. Ini sesuai dengan pembahasan di atas bahwa energi dalam kotak untuk media karburisasi ukuran 600 µm cukup tinggi, terbukti benda uji sedikit mengalami oksidasi ketika dikeluarkan dari kotak

KESIMPULAN

Serbuk tempurung kelapa dengan ukuran antara 250 hingga 600 µm dapat digunakan untuk proses karburisasi padat pada Baja Karbon Rendah. Dengan waktu karburisasi padat selama 4 jam, maka akan terjadi difusi Karbon hingga kedalaman 1200 µm dan kekerasan permukaan baja meningkat 250% dari kekerasan semula

DAFTAR PUSTAKA

1. Rajan, T.V., Sharma, C.P., dan Sharma, A., *Heat Treatment—Principles and Techniques*, revised edition, Prentice Hall of India, New Delhi, India, 1997.
2. Poor, R., dan Verhoff, S., “*New Technology is The Next Step In Vacuum Carburizing*”, Surface Combution Inc., Maumee, Ohio, USA, Industrial heating oktober 2002.
3. Arbintarso, E., Penggunaan media arang baterai untuk meningkatkan kualitas karbonisasi pada industri pembuatan pisau, *Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains dan Teknologi 2003*, Institut Sains & Teknologi AKPRIND, 18 Oktober 2003.
4. Suryanto, H., Malau, V., dan Samsudin, “Pengaruh Penambahan Barium Karbonat pada Media Karburisasi terhadap Karakteristik Kekerasan Lapisan Karburisasi Baja Karbon Rendah”, *Proceeding Seminar Nasional Teknik Mesin 2003*, Universitas Brawijaya, Malang, Oktober 2003.
5. Tiwan dan Mujiyono, “*Pengaruh Penambahan Barium Karbonat (BaCo₃), Temperatur Dan Lama Pemanasan Terhadap Peningkatan Kekerasan Baja Karbon Rendah Pada Proses Karburisasi Dengan Media Serbuk Tempurung Kelapa*”, Laporan Penelitian, FT-UNY, Yogyakarta, 2005.

6. Sudarsono., Ferdian, D., dan Soedarsono, J.W., "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, 18 Oktober 2003.
7. Mujiyono dan Soemowidagdo, A.,L., "*Pemanfaatan Natrium Karbonat Sebagai Energizer Pada Proses Karburising Untuk Meningkatkan Kekerasan Baja Karbon Rendah*", Laporan Penelitian, FT-UNY, Yogyakarta, 2005.
8. Soemowidagdo, A.,L., "Kalsium Karbonat Sebagai Energizer Pada Proses Karburising Untuk Meningkatkan Kekerasan Baja Karbon Rendah", Laporan Penelitian, FT-UNY, Yogyakarta, 2005.
9. Budinski, G., dan Budinski., K., *Engineering Materials-properties and selection*, 6th edition, Prentice Hall International, Inc., New Jersey, USA 1999.