

ANALISA KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO PADA BAJA AISI 1018 AKIBAT PROSES *PACK CARBURIZING* DENGAN VARIASI KONSENTRASI SERBUK CANGKANG KEONG EMAS

Achmad Zainuri, Paryanto Dwi Setyawan, Prayuda atmam
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Mataram
Email: achmadzainuri70@yahoo.co.id

ABSTRACT

This research to investigate the effect of *Pomacea Canalikulata Lamarck* powder addition in the process of carburization box to physical (microstructure) and mechanical properties (hardness test) of AISI 1018 after heat treatment. In this research used a material of low carbon steel cylinder (AISI 1018). The process of making the specimen is done with to cut into several pieces, cutting done to ease in placing the specimen in the carburizing box, then wood charcoal powder and shell powder were weighed in accordance with the desired composition by mixing powder of 5 wt%, 10 wt%, and 15 wt%. The specimen was done heat treatment at a temperature of 950⁰C with the holding time at 2, 4 and 6 hours. Then, the specimen was done the Vickers hardness test, microstructure and composition test. From this research it can be concluded that the highest hardness value was obtained at 15 wt% addition of shell powder it was 262.26 kg/mm² and the initial material hardness value was 144.08 kg/mm². From microstructure observation and composition test show that it subjected surface hardening because carbon diffusion into specimen.

Keywords: Pomacea Canalikulata Lamarck, pack carburizing, hardness test, composition test, microstructure

ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan serbuk cangkang keong emas pada proses *pack carburizing* terhadap sifat fisis (struktur mikro) dan mekanis (uji kekerasan) baja karbon rendah setelah mengalami perlakuan. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja karbon rendah yang berbentuk *selinder*. Proses pembuatan spesimen dilakukan dengan pemotongan menjadi beberapa bagian, pemotongan dilakukan untuk memudahkan di dalam meletakkan spesimen di dalam kotak karburisasi, kemudian serbuk arang kayu dan serbuk cangkang ditimbang sesuai dengan komposisi yang diinginkan dengan pencampuran serbuk cangkang 5, 10 dan 15 (% berat). Spesimen dilakukan perlakuan panas pada temperatur 950⁰C dengan penahanan waktu selama 2, 4 dan 6 jam. Kemudian dilakukan Uji kekerasan *Vickers*, pengujian foto struktur mikro dan uji komposisi. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa nilai kekerasan tertinggi rata-rata pada penambahan 15% serbuk cangkang di peroleh sebesar 262,26 kg/mm² dan kekerasan material awal diperoleh sebesar 144,08 kg/mm². Dari hasil pengamatan struktur mikro dan uji komposisi diketahui bahwa terjadi pengerasan permukaan karena difusi karbon kedalam baja karbon rendah.

Kata Kunci : Cangkang keong emas, *pack carburizing*, uji kekerasan, uji komposisi, struktur mikro

PENDAHULUAN

Hasil alam Indonesia sangat melimpah, termasuk beberapa jenis hewan yang terdapat di dalamnya. Salah satunya adalah Keong emas (*Pomacea Canaliculata Lamarck*) yang merupakan salah satu hewan jenis moluska. Hewan jenis ini paling sering dijumpai di daerah persawahan dan merupakan musuh petani karena dapat merusak tanaman padi. Untuk melindungi tanamannya, para petani berusaha untuk membasmi keong emas sehingga tanaman petani dapat terhindar dari kerusakan. Ternyata keong emas yang semula hanya merugikan para petani kini dapat dimanfaatkan karena cangkang keong emas mengandung kalsium karbonat (CaCO_3) yang dapat dijadikan sebagai *energizer* alternatif di dalam proses karburisasi padat selain barium karbonat (BaCO_3).

Pada dasarnya bahan-bahan yang digunakan dalam karbonisasi yaitu, arang kayu, arang batok kelapa, dan arang kulit. Untuk mempercepat proses karbonisasi maka di tambahkan barium karbonat (CaCO_3), natrium karbonat (NaCO_3) atau kalsium karbonat (CaCO_3). Ketiga bahan tambahan tersebut termasuk jenis bahan-bahan pembangkit tenaga dalam proses karburisasi. Karburisasi dilakukan dengan cara memanaskan bahan sampai 900 - 950°C dalam lingkungan yang menyerahkan karbon, lalu dibiarkan beberapa waktu lamanya pada suhu tersebut dan kemudian didinginkan. (Amanto, H. & Daryanto, 1999).

Setiyawan (2003), mengadakan penelitian mengenai pengaruh proses *carburizing* terhadap sifat fisis dan mekanis sudu *blower dinamo ampere* pada mobil diesel didapatkan kesimpulan bahwa lama waktu penahanan (*holding time*) pada material ini mempengaruhi sifat mekanis

material yaitu terhadap nilai kekerasan. Dimana material dasar tanpa perlakuan memiliki kekerasan rata-rata sebesar 664,1 kg/mm², material hasil *quenching* 850 °C dengan *holding time* 1 jam sebesar 723,64 kg/mm² dan material hasil *quenching* 850 °C dengan *holding time* 2 jam sebesar 730,5 kg/mm².

Fatai dkk (2010) menyelidiki proses pack carburizing pada *mild steel* dengan temperatur karburisasi 850°C, 900°C dan 950°C, kemudian ditahan selama 15 menit dan 30 menit, lalu proses *quenching* dengan minyak dan tempering pada 550°C. Hasil pengujian menunjukkan bahwa ketangguhan *impact* pada *mild steel* semakin berkurang dengan naiknya temperatur karburisasi. Sedangkan kekakuan dari *mild steel* semakin meningkat akibat proses karburisasi, tetapi semakin turun dengan kenaikan temperatur karburisasi. Untuk kekerasan permukaan pada *mild steel* semakin berkurang dengan naiknya temperatur.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan serbuk cangkang keong emas pada proses *pack carburizing* terhadap sifat fisis (struktur mikro) dan mekanis (uji kekerasan) baja karbon rendah setelah mengalami perlakuan.

Pack Carburizing

Proses *carburizing* merupakan proses penambahan unsur karbon (C) ke dalam logam khususnya pada bagian permukaan bahan dimana unsur karbon ini didapat dari bahan-bahan yang mengandung karbon sehingga kekerasan logam dapat meningkat. Pengerasan permukaan pada logam dapat dilakukan dengan menambahkan unsur-unsur tertentu ke logam dasar tersebut seperti karbon, kalsium karbonat, nitrogen, dan yang lainnya. Untuk mempercepat proses maka ditambahkan barium karbonat (BaCO_3),

kalsium karbonat (CaCO_3) atau natrium karbonat (NaCO_3) sebagai *energizer* yang bersama-sama material dimasukkan ke dalam kotak kedap udara untuk dipanaskan pada dapur pemanas pada temperatur *carburing* (Suherman, 1987).

Pada pengarbonan padat dipakai arang yang dicampur dengan 10%- 40% NaCO_3 , BaCO_3 , baja dimasukkan ke dalam campuran ini, ditempatkan dalam suatu kotak dan ditutup rapat kemudian dipanaskan pada temperatur 850°C – 950°C (Surdia, 2000). Setelah dilakukan *holding time* (waktu penahanan), proses dilanjutkan dengan pengerasan dengan *quenching* untuk mencapai kekerasan yang tinggi, dan *tempering* untuk menurunkan kegetasan dan tegangan sisa yang berlebihan.

Keong Emas

Keong Emas ((*Pomacea canaliculata* Lamarck) atau dikenal GAS (Golden Apple Snail). Keong Emas merupakan salah satu jenis moluska. Keong ini berasal dari rawa-rawa di Amerika Selatan seperti Brazil, Suriname dan guatemala. Pertama kali, Keong Emas ini didatangkan dari Taiwan sekitar tahun 1980-an. Tahun 1981, hewan ini diintroduksi ke Yogyakarta sebagai fauna akuarium. Sekitar tahun 1985-1987, hewan ini menyebar dengan sangat cepat dan populer di Indonesia (Jekti, 1990).

Keong Emas muda berukuran 2-5 mm telah memakan alga dan bagian tanaman yang lunak. Pertumbuhan awal berlangsung selama 15-25 hari. Pada umur 26-59 hari, Keong Emas sangat rakus mengkonsumsi makanan, sedangkan setelah berumur 60 hari, Keong Emas siap untuk berkembang biak. Keong Emas memerlukan sekitar 3-4 jam pada saat mengadakan perkawinan di daerah yang senantiasa

mendapatkan air sepanjang tahun. Profil Keong Emas dapat dilihat pada Gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1: Keong Emas

Pengujian Kekerasan

Proses pengujian kekerasan dengan metoda *Vickers* mula-mula permukaan logam yang akan diuji ditekan dengan *indenter* berbentuk piramida intan yang dasarnya berbentuk bujur sangkar. Besar sudut antara permukaan-permukaan piramida yang berhadapan adalah sebesar 136° .

Angka kekerasan *Vickers* (VHN) merupakan angka kekuatan benda uji terhadap pembebanan pada tiap luas penampang bidang yang menerima pembebanan (Koswara, 1999). VHN dapat diperoleh dengan persamaan berikut:

$$VHN = \frac{\{2.P.\sin(a/2)\}}{d^2} = 1,854.\frac{P}{d^2}$$

Dimana, P = Beban yang digunakan (kg); α = Sudut puncak indenter = 136° dan d = Panjang diagonal rata-rata (mm).

Pengujian *Vickers* memiliki banyak keuntungan. Pengujian *Vickers* dapat dilakukan tidak hanya pada benda yang lunak akan tetapi juga dapat dilakukan pada bahan yang keras. Bekas penekanan yang kecil pada pengujian *Vickers* mengakibatkan kerusakan bahan percobaan relatif sedikit. Pada benda kerja yang tipis atau lapisan

permukaan yang tipis dapat diukur dengan gaya yang relatif kecil.

Pengujian Struktur Mikro

Struktur bahan dalam orde kecil sering disebut struktur mikro. Struktur ini hanya dapat dilihat dengan menggunakan alat pengamat struktur mikro diantaranya : mikroskop *electron*, mikroskop *field ion*, mikroskop *field emission*, dan mikroskop sinar – X.

Persiapan yang harus dilakukan sebelum mengamati struktur mikro adalah pemotongan spesimen, pengampelasan dan pemolesan dilanjutkan pengetsaan. Setelah permukaan spesimen rata betul kemudian dilanjutkan dengan proses pengampelasan dengan nomor kekasaran yang berurutan dari yang paling kasar (nomor kecil) sampai yang halus (nomor besar). Arah pengampelasan tiap tahap harus diubah, pengampelasan yang lama dan penuh kecermatan akan menghasilkan permukaan yang halus dan rata. Pemolesan dilakukan dengan autosol yaitu *metal polish*, bertujuan agar didapat permukaan yang rata dan halus tanpa goresan sehingga terlihat mengkilap seperti kaca. Kemudian mencelupkan spesimen dalam larutan etsa dengan posisi permukaan yang di etsa menghadap keatas. Selama pencelupan akan terjadi reaksi terhadap permukaan spesimen sehingga larutan yang menyentuh spesimen harus segar/baru, oleh karena itu perlu digerak-gerakkan. Kemudian spesimen dicuci, dikeringkan dan dilihat atau difoto dengan mikroskop logam. Pemeriksaan struktur mikro memberikan informasi tentang bentuk struktur, ukuran dan banyaknya bagian struktur yang berbeda.

METODOLOGI PENELITIAN

Alat dan Bahan

Adapun alat-alat yang akan dipersiapkan sebelum melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut Kotak karburisasi, tungku pemanas, Mesin polish, Mikroskop optik, Mesin uji kekerasan, Jangka sorong, Kamera, Tang penjepit, dan Amplas

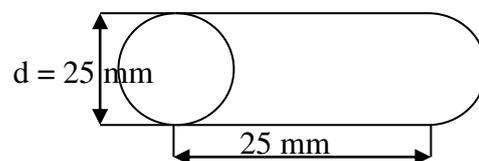
Sedangkan bahan yang akan digunakan adalah baja AISI 1018, arang kayu jati, serbuk cangkang Keong Emas, kertas gosok (dengan ukuran 80, 100, 400, 600, 800, dan 1000), dan Autosol

Persiapan Spesimen

Spesimen yang dipersiapkan sebanyak 33 buah, yang terdiri dari 3 spesimen awal tanpa karburisasi, 27 spesimen dikarburisasi pada suhu 950°C selama 2, 4 dan 6 jam dengan dengan penambahan serbuk cangkang Keong Emas sebanyak 5%, 10% dan 15% dengan media pendingin air, dan 3 spesimen dikarburisasi pada suhu 950°C selama 4 jam dengan penambahan serbuk cangkang keong emas sebanyak 10% dengan media pendingin larutan garam.

Kotak terbuat dari baja karbon rendah dengan ketebalan 5 mm dengan ukuran panjang 100 mm, lebar 100 mm dan tinggi 100 mm, benda-benda uji tersebut dimasukkan kedalam kotak karburisasi disusun seperti gambar dibawah ini dengan jarak tiap-tiap spesimen.

Dimensi spesimen dapat dilihat pada Gambar 2 berikut ini:



Gambar 2: Dimensi spesimen

Persiapan Media Pack Carburizing

Media *pack carburizing* yang digunakan dalam penelitian ini adalah medium padat, dengan komposisi yang sudah ditentukan dengan perbandingan 95 %, 90 %, 85 % arang kayu jati dan 5 %, 10 %, 15 % serbuk keong emas yang ditumbuk sampai berukuran kira-kira 2 sampai 4 mm kemudian melakukan proses pengayakan sampai dengan ukuran 100 mesh dan ditimbang sesuai dengan komposisi diatas dan dicampur sampai rata.

Proses Pack Carburizing

Adapun tahapan proses *pack carburizing* adalah sebagai berikut:

1. Spesimen yang telah dipotong sebanyak 33 buah dan media arang kayu jati yang sudah dicampur dengan bahan energizer dimasukkan ke dalam kotak *carburizing* sampai berada di tengah-tengah kotak kemudian ditutup lagi lalu dimasukkan ke dalam tungku pemanas.
2. Kotak karburasi ditandai agar tidak tertukar pada waktu pemanasan.
3. Kemudian kotak tersebut dimasukkan ke dalam tungku dan pemanasan diatur dengan perlakuan pemanasan pada temperatur 950⁰C, lama pemanasan 2, 4, dan 6 jam.
4. Setelah perlakuan tersebut di atas dilakukan maka kotak dikeluarkan dari dapur pemanas, kemudian kotak di buka dan spesimen dikeluarkan lalu dicelupkan ke dalam air.
5. Spesimen dibersihkan.

Spesimen yang telah melalui proses *pack carburizing*, selanjutnya dilakukan pengujian. Spesimen yang akan di uji di bersihkan dan diberi tanda sesuai dengan lama pemanasan dan jumlah berat serbuknya, kemudian dilakukan *polishing*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Uji Kekerasan

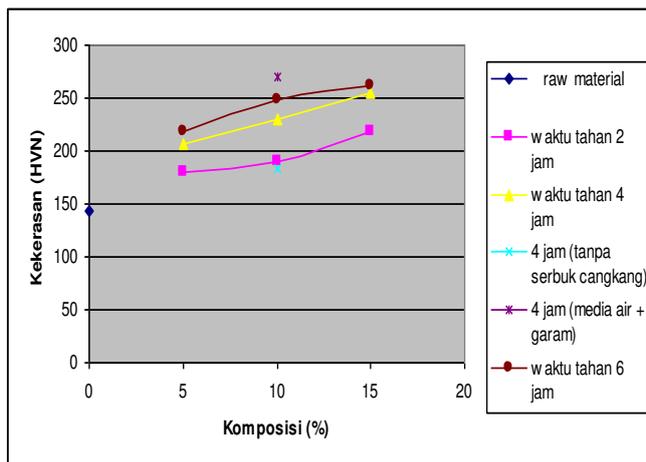
Pengujian kekerasan permukaan yang dipakai adalah metode *Vickers* dengan beban (P) sebesar 60 Kg. Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Metalurgi Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Mataram. Data hasil uji kekerasan permukaan setelah proses *pack carburizing* dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1: Data hasil uji kekerasan permukaan proses *pack carburizing*.

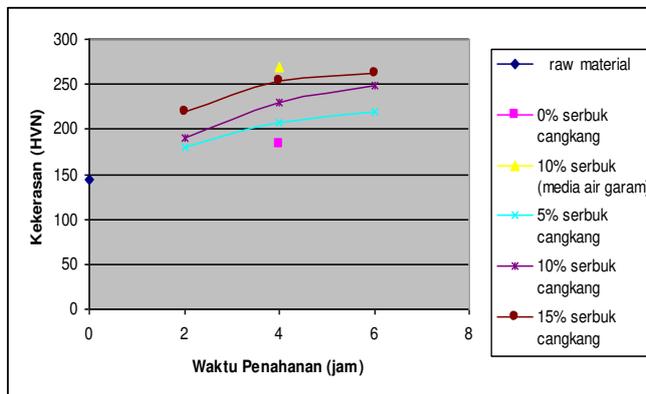
Waktu Penahanan (Jam)	Kekerasan Vickers (Kg/mm ²)		
	Variasi konsentrasi serbuk cangkang (% Berat)		
	5	10	15
2	156.82	222.1	193.84
	176.03	172.54	204.43
	209.30	175.69	258.27
Rata – rata	180.71	190.77	218.84
4	233.94	250.96	227.02
	204.34	233.78	222.61
	183.36	206.5	294.93
Rata – rata	207.21	230.41	248.18
6	241.22	250.75	290.80
	234.08	252.00	246.33
	229.84	260.26	249.67
Rata – rata	235.04	254.33	262.26

Dari Tabel 1 di atas menunjukkan bahwa setiap penambahan serbuk cangkang Keong Emas terjadi peningkatan nilai kekerasan secara signifikan dimana nilai tertinggi kekerasan rata-rata sebesar 262.26 kg/mm² dengan kandungan komposisi serbuk cangkang Keong Emas 15% ditambah 85% serbuk arang kayu dengan lama waktu penahan 6 jam pada temperatur pemanasan 950⁰C.

Adapun pengaruh konsentrasi serbuk cangkang Keong Emas dan waktu penahan terhadap nilai kekerasan dapat dilihat pada Gambar 3 dan 4 di bawah ini.



Gambar 3: Grafik hubungan waktu penahanan dan konsentrasi serbuk cangkang terhadap nilai kekerasan.



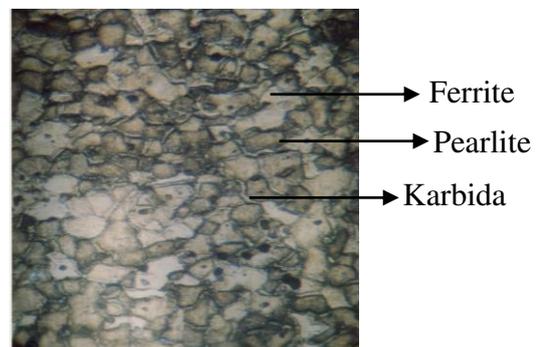
Gambar 4: Grafik hubungan waktu penahanan dan konsentrasi serbuk cangkang terhadap nilai kekerasan.

Dari Gambar 3 dan Gambar 4 di atas menunjukkan bahwa pada spesimen material awal memiliki nilai kekerasan yang sangat rendah ini dikarenakan tidak adanya penambahan karbon pada material. Spesimen dengan waktu pemanasan 2 jam pada suhu 950°C memiliki nilai kekerasan lebih keras dibandingkan dengan material awal ini dikarenakan adanya karbon aktif dan didukung oleh penambahan serbuk cangkang keong emas sebagai *energizer* sehingga karbon lebih cepat berdifusi kedalam material. Sedangkan komposisi 15% serbuk cangkang keong emas

mempunyai nilai kekerasan yang paling tinggi setelah mengalami proses *pack carburizing* pada temperatur 950°C . Dalam proses ini jika serbuk cangkang keong emas semakin banyak maka karbon yang berdifusi ke baja akan semakin cepat dan membuat nilai kekerasan permukaan dari baja akan semakin besar, sehingga karbon akan lebih mudah berdifusi di antara celah-celah atom Fe. Pada proses *carburizing* dengan penambahan 10% serbuk cangkang dengan menggunakan media pendingin larutan air garam diperoleh harga kekerasan tertinggi sebesar 269.38kg/mm^2 dengan waktu penahanan 4 jam disusul dengan penambahan 15% serbuk cangkang dengan menggunakan media pendingin air tawar sebesar 262.26 kg/mm^2 dengan waktu penahanan 6 jam dan penambahan 10% serbuk cangkang dengan media pendingin air tawar sebesar 254.33kg/mm^2 , dan penambahan 5% serbuk cangkang dengan media pendingin air tawar 262.26kg/mm^2 , serta *raw material* dengan harga kekerasan 144.08kg/mm^2 .

Hasil Uji Struktur Mikro

Hasil pengamatan struktur mikro dari material awal sebelum mengalami *pack carburizing* dapat dilihat pada Gambar 5 berikut ini:

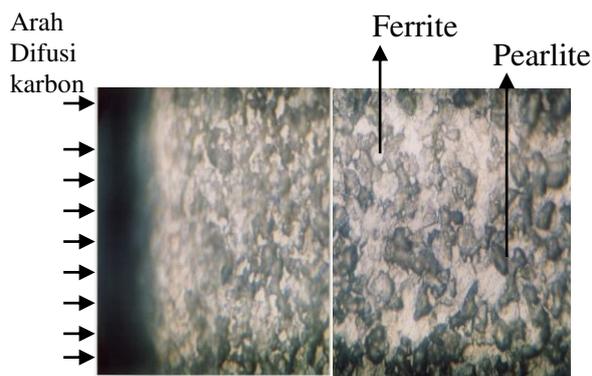


Gambar 5: Struktur Mikro material awal dengan pembesaran 400 kali

Dari Gambar 5 menunjukkan bahwa ferrite (berwarna terang dan putih) dan peralite (yang berwarna

gelap dan hitam) lebih besar ukurannya dibandingkan dengan karbida. Karbida akan membesar jika terjadi perlakuan panas terhadap benda kerja (baja karbon rendah). Kemudian struktur ferrite lebih dominan dari pada struktur pearlite yang lebih sedikit jumlahnya, sehingga kekerasan dari material awal menjadi lebih rendah. Hal ini terjadi karena tidak adanya penambahan unsur karbon yang diberikan pada material awal dan sesuai dengan kandungan karbon yang terkandung pada material awal sebesar 0.159%C.

Hasil pengamatan struktur mikro dari material yang telah mengalami *pack carburizing* dengan perbandingan konsentrasi 85% arang kayu jati dan 15% serbuk cangkang keong emas pada suhu 950°C dengan waktu *carburizing* 6 jam menggunakan media pendingin air tawar dapat dilihat pada Gambar 6 berikut ini.

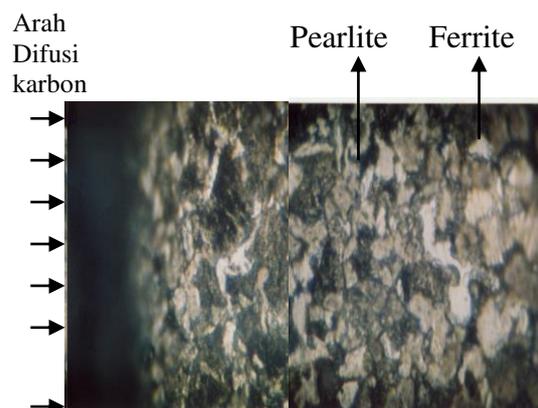


Gambar 6: Struktur mikro dengan pembesaran 400 kali.

Dari Gambar 6 menunjukkan bahwa struktur-struktur perlit jumlahnya semakin banyak dan ukuran butirannya mulai merata di sepanjang penetrasi walaupun pada sisi perlitnya masih terdapat banyak ferit. Peningkatan jumlah pearlite yang lebih banyak dibandingkan dengan struktur mikro material awal dapat terjadi karena adanya pengaruh penambahan unsur karbon ke dalam material selama proses

difusi intertisi karbon dengan cara pemanasan pada material pada temperatur 950°C dengan lama waktu penahan 6 jam serta adanya penambahan serbuk cangkang keong emas dengan konsentrasi 15 % (%berat) sebagai *energizer* yang merupakan unsur untuk mempercepat proses difusi karbon ke dalam baja sehingga dapat membentuk struktur pearlit lebih banyak. Sehingga menjadikan spesimen ini menjadi lebih keras dari sebelumnya dan juga di pengaruhi oleh terjadinya proses pendinginan yang cepat sehingga dapat merubah sifat fisis dari pada baja.

Hasil pengamatan struktur mikro dari material yang telah mengalami *pack carburizing* dengan perbandingan konsentrasi 90% arang kayu jati dan 10% serbuk cangkang keong emas pada suhu 950°C dengan waktu *carburizing* 4 jam menggunakan media pendingin larutan garam dapat dilihat pada Gambar 7 berikut ini.



Gambar 7: Struktur mikro dengan pembesaran 400 kali.

Dari Gambar 7 menunjukkan bahwa peningkatan jumlah perlit yang paling banyak dibandingkan dengan struktur mikro yang lain, selain itu penetrasi dari karbon juga cukup dalam dan butiran-butiran pada perlit ukurannya lebih besar dibandingkan dengan konsentrasi sebelumnya. Dengan ukuran butir yang lebih besar maka kekerasan yang

dihasilkan juga akan lebih besar. Ini terjadi karena adanya perbandingan bahan tambahan yang berupa 90% arang kayu jati dan 10% serbuk cangkang keong emas sebagai *energizer* yang merupakan bahan pembangkit tenaga dalam proses karburisasi, serta didukung dengan proses *quenching* menggunakan media pendingin larutan garam. Hal ini dapat meningkatkan jumlah karbon yang cukup banyak, sehingga pada saat pemanasan berlangsung difusi karbon ke dalam baja menjadi lebih cepat sehingga dapat merubah butir struktur mikro dan nilai kekerasan yang lebih keras di bandingkan dengan material uji sebelumnya .

Hasil Uji Komposisi

Tabel 2: Hasil Uji komposisi kimia sebelum perlakuan (Raw Material) dan sesudah perlakuan (*carburizing*) dengan variasi 15% serbuk cangkang keong emas dengan waktu penahanan 6 jam dan suhu pemanasan 950°C.

No	Nama Unsur	Sebelum Perlakuan (Raw material) Rata-rata (%)	Sesudah perlakuan (<i>carburizing</i>) Dengan variasi 15% serbuk cangkang dan waktu tahan 6 jam Rata-rata (%)
1	Fe	98.11	92.91
2	C	0.159	0.78
3	Mn	0.624	0.70
4	Cr	0.110	1.29
5	Mo	0.078	0.47
6	Cu	0.241	0.34
7	Nb	0.016	0.03
8	Ti	0.008	0.80

Dari data pada Tabel 2 di atas, hasil uji komposisi pada spesimen sebelum dan setelah perlakuan, terjadi

adanya peningkatan kadar karbon dimana spesimen sebelum perlakuan (*raw materials*) mengandung 0.159%C sedangkan setelah perlakuan (*carburizing*) pada bagian permukaan menurut uji komposisi mengandung 0.78%C. Hal ini membuktikan bahwa karbon telah masuk ke bagian permukaan baja karbon rendah.

KESIMPULAN

Dari hasil pengujian dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa:

1. Dengan penambahan serbuk cangkang keong emas 5%, 10% dan 15% dan waktu penahanan selama 2, 4 dan 6 jam maka nilai kekerasan permukaan menjadi semakin besar. Nilai kekerasan rata-rata untuk 5% serbuk cangkang dan waktu penahanan 2, 4 dan 6 jam berturut-turut adalah 180.71, 207.21 dan 235.04 (kg/mm²), 10% serbuk cangkang dan waktu penahanan 2, 4 dan 6 jam berturut-turut sebesar 190.77, 230.41 dan 254.33 (kg/mm²) dan serbuk cangkang 15% dan waktu penahanan 2, 4 dan 6 jam berturut-turut sebesar 254.33, 248.18 dan 262.26 (kg/mm²).
2. Dari pengamatan foto struktur mikro pada material awal terdapat struktur ferrite yang lebih banyak di bandingkan dengan foto struktur mikro setelah perlakuan (*carburizing*). Sebaliknya jumlah pearlite setelah perlakuan (*carburizing*) menjadi lebih banyak dibanding material sebelumnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Amanto, H. & Daryanto, 1999, *Ilmu Bahan*, Bumi Aksara, Jakarta
- Arifin, 1977, *Ilmu Logam*, Ghalia Indonesia, Jakarta
- Fatai O. A., Simeon A. I., Isiaka., Oluwole O., and Joseph O. B., 2010,

- "Pack Carburization of Mild Steel, using Pulverized Bone as Carburizer: Optimizing Process Parameters", *Leonardo Electronic Journal of Practices and Technologies*, ISSN 1583-1078, issue 16, p. 1-12
- Jekti, 1990, *Diktat Biologi 1*, Unram, Fakultas Peternakan, Mataram.
- Koswara, Engkos. 1999. *Pengujian Bahan Logam*. Bandung : Humaniora Utama Press
- Setiyawan, A., 2003, Tugas Akhir : *Penelitian Mengenai Pengaruh Proses Carburizing Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Sudu Blower Dinamo Ampere pada Mobil Diesel*, Universitas Muhammadiyah Surakarta
- Suherman, W. 1987, *Pengetahuan Bahan*, FTI - ITS, Surabaya.
- Surdia, Tata, dan Saito, S. 2000, *Pengetahuan Bahan Teknik cetakan kelima*
- .