

## PENINGKATAN KETAHANAN AUS BAJA KARBON RENDAH DENGAN METODE CARBURIZING

Muhammad Sadat Hamzah\* dan Muh. Iqbal \*

### Abstract

*The aim of this paper is to analyzed the increasing of carbon wear steel strain by using carburizing methods. Carburizing mixtures charcoal podwer of coconut sheel and steel material wear treatment effect show that high temperature carburizing related to improvement of specifik wear strength.*

*Carburizing process hold on 950 continue hard treatment on 840 giving highest wear strength for 83,6 % compared with row material wear strength.*

**Key word:** wear ,carburizing ,hard treatment

### Abstrak

Tulisan ini bertujuan untuk menganalisa peningkatan ketahanan aus baja karbon rendah dengan metode carburizing. media carburizing digunakan serbuk arang batok kelapa dan material baja. Hasil pengujian keausan menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur proses carburizing akan menghasilkan ketahanan aus spesifik yang lebih baik dan Pada proses carburizing dengan temperatur 950°C yang dilanjutkan dengan proses pengerasan pada temperatur 840°C memberikan peningkatan ketahanan aus tertinggi sebesar 83,6% dibandingkan dengan ketahanan aus raw material.

**Kata kunci:** Keausan, Carburizing, pengerasan

### 1. Pendahuluan

Sejak 5000 tahun yang lampau besi dan baja merupakan bagian yang tidak terpisahkan dengan kehidupan dan peradaban manusia. Penggunaan besi dan baja dewasa ini meningkat dengan pesat sesuai dengan perkembangan ilmu dan teknologi. Besi dan baja memegang peranan besar bagi perkembangan ekonomi serta merupakan tulang punggung industri logam berat dalam sebuah negara, hal ini dapat ditemui di berbagai bidang industri dan konstruksi (Schonmetz dan Gruber, 1994).

Besi dan baja mempunyai karakterisasi dari yang paling lunak sampai yang paling keras, dari bahan besi dan baja berbagai bentuk struktur logam dapat dibuat, hal ini yang

menyebabkan besi dan baja disebut bahan yang kaya dengan sifat-sifat, dimana unsur paduan utamanya adalah karbon.

Karbon merupakan unsur utama untuk menguatkan baja, sehingga baja harus mengandung karbon sampai kadar tertentu, baja karbon dapat dikelompokkan menjadi 3 bagian berdasarkan kandungan karbonnya yaitu : (1) baja karbon rendah (C < 0,3%), (2) baja karbon sedang (C 0,3-0,7%), (3) baja karbon tinggi (0,7-1,7%), (Smallman dan Bishop, 1999)". Dari beberapa sifat baja tersebut, kekerasan dan keausan merupakan sifat yang sangat dipertimbangkan dalam perencanaan konstruksi mesin khususnya pada bagian komponen yang meluncur atau bergesekan satu sama lainnya.

---

\* Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Palu

"Keausan adalah perubahan dimensi material yang disebabkan perpindahan permukaan material akibat pengikisan sebagai hasil dari aksi mekanik, hal ini terjadi pada komponen – komponen yang bagian permukaannya saling bergesekan dalam gerak meluncur (Faraq, 1997)". Keausan merupakan faktor penting dalam mengurangi fungsi permesinan termasuk membatasi usia pakai dan *performance* berbagai komponen mesin, hal ini mengakibatkan peningkatan biaya *maintenance*. "Pengurangan fungsi suatu komponen mesin 70% disebabkan oleh kerusakan pada permukaan logam yang meliputi keausan (55%), korosi (15%). Mekanisme keausan yang dominan adalah keausan adhesif (25%) dan abrasif (20%), sedangkan sisanya disebabkan oleh mekanisme keausan yang lain (Rabinowicz, 1995)". Mengingat keausan merupakan penyebab utama kehilangan fungsi mesin maka perlu usaha untuk meningkatkan sifat mekanis logam terutama ketahanan terhadap keausan, diantaranya melalui pengerasan permukaan.

"Peningkatan kekerasan permukaan spesimen baja AISI 1020 dan AISI 5115 yang diperoleh melalui metode *carburizing*, *carbonitrided* dan *boronizing* menghasilkan laju keausan yang rendah serta meningkatkan ketahanan aus (Selcuk et al, 2003).

Pada kondisi operasinya, komponen permesinan mempunyai kelemahan yaitu nilai kekerasan yang rendah sehingga mengakibatkan kegagalan dalam proses operasinya. Jenis kegagalan yang sering terjadi adalah (1) keausan, (2) deformasi, (3) sobek, (4) Pecah. Pengerasan permukaan atau *surface hardening* melalui proses *carburizing* merupakan salah satu cara untuk mengurangi terjadinya kegagalan pada komponen yang terbuat dari baja karbon rendah, sehingga material tersebut akan memiliki kekerasan dan ketahanan aus yang lebih baik, khususnya untuk komponen mesin yang saling

bergesekan seperti pengarah roda gigi dan dudukan pada poros.

## 2. Tinjauan Pustaka

### 2.1 Proses *Carburizing*

*Pack carburizing* merupakan proses termokimia atau *chemical heat treatment* yang dilakukan dengan mengubah komposisi kimia permukaan baja untuk memperkaya unsur karbon pada permukaan baja pada suhu 850–950°C (Malau, 1999)".

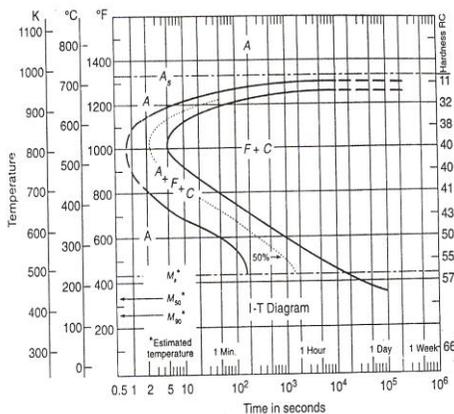
Pada proses *pack carburizing*, digunakan arang yang dicampur dengan  $\text{NaCO}_3$ ,  $\text{CaCO}_3$  atau  $\text{BaCO}_3$  yang berfungsi sebagai bahan *activator* dan sekaligus sebagai unsur energizer, kemudian kedalam campuran tersebut dimasukkan baja yang akan di keraskan, kotak kemudian ditutup rapat dan dipanaskan pada rentang temperatur 850°C -950°C, dengan demikian maka permukaan baja akan mempunyai kadar karbon yang lebih tinggi.

Proses karburasi dilakukan pada baja yang mempunyai kandungan karbon yang rendah, namun proses ini juga dapat dilakukan pada baja karbon menengah. Banyak faktor yang harus diperhatikan agar proses *carburizing* mendapatkan kualitas yang baik. "Penelitian tentang pengaruh jenis sumber karbon pada proses karburasi terhadap keausan baja menengah dengan arang kayu, kokas dan briket batubara serta  $\text{BaCO}_3$  sebesar 10% sebagai zat pengaktif karbon, pengujian keausan dengan menggunakan mekanisme keausan adhesif, ketahanan terhadap keausan meningkat sebesar 3500% dibandingkan dengan *raw material* pada media karburasi batu bara dengan temperatur karburasi 925°C (Syamsuir, 2002)".

### 2.2. Perlakuan Panas

Perlakuan panas yang dilakukan setelah proses *carburizing* bertujuan untuk menghasilkan permukaan yang keras dan menghasilkan permukaan yang tahan aus, menghaluskan butir

karena penahanan yang cukup lama pada temperatur tinggi selama proses *carburizing* mengakibatkan bagian inti baja (*core*) mengalami pengasaran butir, menghilangkan jaringan sementit yang menyebabkan rapuh pada bagian permukaan baja. Pedoman untuk memahami perlakuan panas dari baja berpedoman kepada kurva TTT, Kurva TTT digunakan untuk melihat transformasi fasa akibat proses pendinginan. Kurva TTT juga memperlihatkan permulaan dan akhir reaksi (dekomposisi austenit) dengan waktu sebagai variabel. Jika material baja karbon dipanaskan pada suhu austenisasi kemudian didinginkan secara lambat maka akan terbentuk ferit dan sementit, sedangkan jika pendinginan dilakukan dengan cepat akan terbentuk martensit. Martensit terjadi pada suhu dibawah eutektoid tetapi masih diatas suhu ruang., akibat pendinginan yang sangat cepat semua karbon yang tertinggal dalam austenit tetap dalam larutan padat lewat jenuh dari karbon, struktur pemusatan ruang yang terjadi berbentuk tetragonal pusat ruang (*tpr*) atau *body centered tetragonal (bct)*. Karena struktur martensit bukan kubik, karbon terperangkap dalam kisi dan slip sulit terjadi oleh karena itu martensit keras, kuat dan getas. Pada reaksi ini tidak terjadi difusi tetapi pergeseran yang berlangsung sangat cepat.

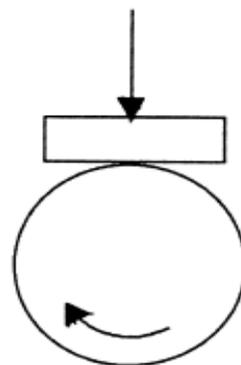


Gambar 1. Kurva TTT untuk baja 1080 (0,79%C)

### 2.3. Keausan

Secara umum keausan (*wear*) didefinisikan sebagai kerusakan pada permukaan padat yang disebabkan oleh hilangnya atau perpindahan material akibat gaya mekanik dari sebuah hubungan padat (*solid*), cair (*liquid*), atau gas. Hingga saat ini terminologi dari keausan masih belum pasti serta definisi dasar tentang keausan masih belum distandarkan, walaupun demikian telah diterima secara luas bahwa pada dasarnya ada tiga jenis keausan : Keausan adhesi (*adhesive wear*), keausan abrasif (*abrasive wear*) dan keausan erosi (*erosive wear*). Selain itu ada beberapa jenis keausan lagi yang yang terpisah (jenis ini bukan jenis yang utama), yaitu kelelahan permukaan (*surface fatigue*), keadaan teriritasi (*fretting*) dan erosi kavitasi (*cavitation erosion*).

Keausan abrasif timbul ketika permukaan yang keras, kasar meluncur pada permukaan yang lebih lunak, menusuk kedalam dan menghasilkan alur-alur. Material dapat hilang dalam bentuk fragmen atau jika tidak material membentuk sepasang timbunan sepanjang tiap alur. Material dalam timbunan kemudian mudah lepas dari permukaan. Keausan abrasif meliputi partikel yang bergerak diatas permukaan (*two body abrasion*) dan partikel keras yang bergerak diatas permukaan yang bergerak (*three body abrasion*).



Gambar 2. Uji keausan *plate on disc*

Penelitian ini difokuskan pada masalah keausan abrasif, dengan metode pengujian yang digunakan mengacu pada metode yang dilakukan oleh (Selcuk et al, 2003) yaitu interaksi material padat yang digesekkan pada disk yang berputar (*plate-on-disc*).

Pengujian keausan yang dilakukan menggunakan mesin uji keausan *Ogoshi High Speed Universal Wear Testing Machine* dengan rumusan yang digunakan adalah sebagai berikut. Keausan spesifik diukur dengan menghitung lebar keausan pada benda uji yang dilakukan oleh piringan pengaus yang berputar. Keausan spesifik dihitung dengan persamaan :

$$W_s = \frac{B \cdot b_o^3}{8 \cdot r \cdot P_o \cdot l_o} \left( \frac{mm^2}{kg} \right) \dots\dots\dots(1)$$

- Ws = Keausan spesifik (mm<sup>2</sup>/kg)
- B = lebar piringan pengaus (mm)
- bo = lebar keausan spesimen (mm)
- r = jari jari piringan pengaus (mm)
- Po = Gaya tekan pada proses keausan (kg)
- Lo =Jarak tempuh pada proses pengausan (m)

**3. Metode Penelitian**

Pada penelitian ini sebagai media *carburizing* digunakan serbuk arang batok kelapa dengan tingkat kehalusan *mesh* 30, sedangkan material baja yang dipakai sebagai spesimen penelitian memiliki komposisi kimia : Fe 98,48%; C 0,1943%, Si 0,1518%, Mn 0,6365%, P 0,0322%, S 0,3158 %, 0,0953% Ni; Mo 0,0142%, Cu 0,1972%, Pb 0,0002% dan W 0,035%.



Gambar 3. Spesimen Uji

**3.1. Prosedur Pengujian.**

- 1). Spesimen dibentuk sesuai dengan dimensi yang ditentukan (Gambar 3.), selanjutnya permukaan spesimen digosok dengan menggunakan kertas abrasif mulai nomor 120 sampai 1000 mesh, kemudian dipolish dengan autosol sampai permukaannya rata dan mengkilat.
- 2). Proses karburasi dilakukan dengan cara :
  - a. Melakukan penimbangan media karburasi, kemudian media karburasi tersebut ditambahkan dengan Barium karbonat sebesar 25% dari berat media karburasi sehingga berat total campuran kedua unsur tersebut menjadi 250 gram, selanjutnya kedua unsur tersebut dicampur dengan cara diaduk sehingga pencampurannya menjadi merata atau homogen.
  - b. Pengelompokan spesimen uji sesuai dengan rancangan percobaan, dimana setiap kelompok spesimen uji dimasukkan kedalam kotak karburasi dan disusun sedemikian rupa didalam kotak karburasi yang berisi campuran media karburasi dan barium karbonat, kemudian media karburasi dipadatkan dengan cara ditumbuk, hal ini untuk mengurangi O<sub>2</sub> didalam media karburasi yang dapat menyebabkan dekarburisasi, selanjutnya kotak karburasi ditutup dengan plat baja kemudian pada celah –celah kotak ditutup dengan tanah liat.
  - c. Kotak Karburasi dimasukkan ke dalam dapur pemanas, kemudian temperatur dapur dinaikkan sampai dengan temperatur 200°C dan ditahan selama 10 menit untuk pemanasan dapur selanjutnya temperatur dinaikkan lagi sampai temperatur 700°C dan ditahan selama 5 menit agar temperatur

didalam kotak karburasi merata, kemudian temperatur dinaikkan sesuai dengan temperatur karburasi yang ditentukan dan ditahan selama 2 jam, setelah waktu penahanan berakhir proses pemanasan dihentikan dan pendinginan kotak karburasi dilakukan didalam dapur, kemudian setelah dingin kotak karburasi dikeluarkan dari dapur pemanas dan dilakukan pembongkaran spesimen.

- d. Perlakuan selanjutnya adalah proses pengerasan yang dilakukan dengan memanaskan kembali spesimen uji pada tempertur 840°C dan ditahan selama 20 menit kemudian di *quenching* ke dalam media air.
- e. Spesimen uji yang telah mendapatkan proses pengerasan, kemudian ditemper dengan temperatur 200°C dan ditahan selama 1 jam, kemudian didinginkan dengan pendinginan dalam dapur.

### 3.2. Uji Keausan

Pengujian keausan dilakukan dengan mesin uji *Ogoshi High Speed Universal Wear Testing Machine type OAT-U*. Pengujian ini mengacu pada metode *Reiken Ogoshi* dengan lebar piringan pengaus (3 mm), jari-jari piringan pengaus (14,4 mm), gaya tekan pada proses pengausan berlangsung (2,21 kg), jarak tempuh pada proses pengausan (100m) dan waktu pengausan (41,4 detik). Lebar keausan pada spesimen uji diukur menggunakan mikroskop dengan perbesaran 50X.

## 4. Hasil dan pembahasan

### 4.1 Hasil uji keausan

Pengujian keausan dilakukan pada spesimen uji yang mengalami proses carburizing, spesimen yang melalui proses pengerasan pada temperatur 840°C kemudian di *quenching* dengan media air serta

spesimen uji yang melalui proses pengerasan kemudian ditemper, dengan variasi temperatur karburasi 850°C, 900°C dan 950°C dengan penambahan barium karbonat sebesar 25% berat media karburasi. Hasil pengujian keausan dapat dilihat pada tabel 1, tabel 2 dan tabel 3.

Hasil uji keausan pada proses *Carburizing* dengan variasi temperatur 850°C, 900°C dan 950°C dengan penambahan barium karbonat sebesar 25% berat media karburasi memberikan nilai keausan spesifik sebesar 6,2369,E-07 mm<sup>2</sup>/kg, 5,9467,E-07 mm<sup>2</sup>/kg dan 5,4142,E-07 mm<sup>2</sup>/kg.

Pada proses *carburizing* yang dilanjutkan dengan pengerasan secara berturut-turut memberikan keausan spesifik sebesar 3,5129,E-07 mm<sup>2</sup>/kg, 2,7416,E-07 mm<sup>2</sup>/kg dan 2,2466,E-07 mm<sup>2</sup>/kg.

Sedangkan pada proses *carburizing* yang dilanjutkan dengan proses pengerasan kemudian di temper berturut-turut memberikan keausan spesifik sebesar 3,9921,E-07 mm<sup>2</sup>/kg, 3,2884,E-07 mm<sup>2</sup>/kg dan 2,8172,E-07 mm<sup>2</sup>/kg

Keausan spesifik terendah diperoleh pada temperatur 950°C sebesar 5,4142,E-07 mm<sup>2</sup>/kg pada proses carburizing, 2,2466,E-07 mm<sup>2</sup>/kg pada proses pengerasan dan 2,8172,E-07 mm<sup>2</sup>/kg pada proses pengerasan kemudian di temper.

Keausan spesifik pada spesimen uji yang mengalami proses carburizing, spesimen yang melalui proses pengerasan pada temperatur 840°C kemudian di *quenching* dengan media air serta spesimen uji yang melalui proses pengerasan kemudian ditemper, pada temperatur karburasi 950°C dengan penambahan barium karbonat sebesar 25% berat media karburasi. memberikan peningkatan ketahanan terhadap keausan spesifik berturut-turut sebesar 346%, 836% dan 666% bila dibandingkan dengan keausan spesifik *raw material* (1,8718. 10<sup>-6</sup> mm<sup>2</sup>/kg ).

Tabel 1. Hasil uji keausan proses carburizing

temperatur	bo (mm)			bo rata-rata (mm)	bo <sup>3</sup> (mm)	Ws (mm <sup>2</sup> /kg)
	Pengujian I	Pengujian II	Pengujian III			
850°C	1,71875	1,73125	1,70625	1,7188	5,0774	6,2369,E-07
900°C	1,675	1,69375	1,70625	1,6917	4,8411	5,9467,E-07
950°C	1,68125	1,66875	1,56875	1,6396	4,4076	5,4142,E-07

Tabel 2. Hasil uji keausan proses Carburizing dan pengerasan

temperatur	bo (mm)			bo rata-rata (mm)	bo <sup>3</sup> (mm)	Ws (mm <sup>2</sup> /kg)
	Pengujian I	Pengujian II	Pengujian III			
850°C	1,410596026	1,443708609	1,40397	1,4194	2,8598	3,5129,E-07
900°C	1,337748344	1,258278146	1,324503311	1,3068	2,2319	2,7416,E-07
950°C	1,23125	1,20625	1,23125	1,2229	1,8289	2,2466,E-07

Tabel 3. Hasil uji keausan proses Carburizing dan pengerasan serta tempering

temperatur	bo (mm)			bo rata-rata (mm)	bo <sup>3</sup> (mm)	Ws (mm <sup>2</sup> /kg)
	Pengujian I	Pengujian II	Pengujian III			
850°C	1,443708609	1,490066225	1,509933775	1,4812	3,2499	3,9921,E-07
900°C	1,370860927	1,364238411	1,430463576	1,3885	2,6771	3,2884,E-07
950°C	1,325	1,3125	1,31875	1,3188	2,2934	2,8172,E-07

#### 4. Pembahasan

Hasil pengujian keausan menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur proses carburizing akan menghasilkan ketahanan aus spesifik yang lebih baik. Keausan spesifik terendah diperoleh pada temperatur 950°C. Peningkatan ketahanan aus yang lebih baik disebabkan oleh struktur martensit dan juga dengan adanya austenit sisa pada matriks martensit.

(Silva et al, 1998) meneliti pengaruh austenit sisa pada baja SAE 8620 yang dikarburising kemudian dilanjutkan proses pengerasan serta memvariasikan media pendinginan pada proses temper, hasil penelitian ini menunjukkan kekerasan relatif tinggi dan ketahanan aus yang lebih baik dan umur lelah (*fatigue life*) yang lebih lama pada kandungan austenit sisa sebesar

36%, 35% dan 32%. Dijelaskan lebih lanjut bahwa perbaikan *performance* keausan dihubungkan dengan pengaruh hardening dari austenit sisa dan regangan yang disebabkan kemampuan dari austenit sisa bertransformasi menjadi martensit selama proses abrasi. Kandungan austenit sisa yang berlebih pada lapisan karburasi akan menurunkan ketahanan terhadap keausan. Perlakuan tempering pada suhu 200°C mengakibatkan penurunan terhadap ketahanan aus baja.

Pengaruh proses tempering adalah hilangnya sebagian tetragonalitas dari martensit, presipitasi besi karbida dan dekomposisi austenit sisa menjadi ferit dan sementit.

## 5. Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan analisa hasil pengujian dapat disimpulkan :

- 1) Keausan spesifik terendah diperoleh pada proses carburizing dengan temperatur 950°C.
- 2) Pada proses carburizing dengan temperatur 950°C kemudian dilanjutkan dengan proses pengerasan pada temperatur 840°C memberikan peningkatan ketahanan aus tertinggi sebesar 836% dibandingkan dengan ketahanan aus raw material.

## 6. Daftar Pustaka

- Amstead, B.H., Ostwald, P.F. dan Begeman, M.L. 1992. *Teknologi Mekanik* (Alih bahasa : Sriati Djaprie), Erlangga, Edisi Ketiga, Jilid 2. Jakarta.
- Faraq, M. 1997. *Material Selection for Engineering Design*, Prentice Hall
- Lathkin, Y. 1965 *Engineering Physical Metallurgy*, Foreign Language Publishing House, Moscow
- Malau, V. 1999. *Pengetahuan Bahan Teknik dan Manufactur*. Universitas Sanata Dharma, Diktat Bahan Kuliah S<sub>1</sub>, p; 17. Yogyakarta
- Malau, V. 2003. *Perlakuan Permukaan*. Diktat Bahan Kuliah S<sub>2</sub>, p; 2. UGM, Yogyakarta.
- Rabinowicz, E., 1995, *Friction and wear of material*. John Willey & sons, Inc. Singapore.
- Schonmetz A. dan Gruber K. 1994. *Pengetahuan Bahan dalam Pengerjaan Logam* (Alih Bahasa : Dip-Ing. Eddy D. Hardjapamekas). Bandung : Penerbit Angkasa.
- Selcuk, B., Ipek, R. dan Karamis M.B. 2002. *A Study on Friction and Behaviour of Carburized, Carbonitrided and Borided AISI 1020 and 5115 Steel*.

Journal of Materials Processing Technology 141 (2003) 189-196).

Silva, V.F., Canale, L.F., Spinel, D., Filho, W.W.B., Crnkovic, O.R., 1999, *Influence of retained austenite on short fatigue crack growth and wear resistance of case carburized steel*, Journal of materials engineering and performance 8:543-548.

Tyagi, R., Nath, S.K., and Ray, S., 2001, *Dry Sliding Friction and wear in plain carbon dual phase steel*, Material Transaction. Vol 32A. 359-367.