

## PROSES KARBURASI PELAT BAJA KARBON SEBAGAI BAHAN BAKU PEMBUATAN DAUN KOPLING GESEK

Yoddy A. Nuhgraha  
Dosen Teknik Mesin Teknik Mesin Politeknik TEDC Bandung  
E-mail: [yan\\_nuhgraha@yahoo.com](mailto:yan_nuhgraha@yahoo.com)

### Abstrak

Mendapatkan komponen-komponen otomotif yang murah dan terjangkau oleh kalangan industri kecil sangatlah dibutuhkan. Salah satu komponen otomotif yang sangat dibutuhkan adalah daun kopling gesek. Pengadaan daun kopling gesek ini sangatlah mahal menurut kalangan industri kecil. Oleh karena itu, dibuat daun kopling gesek yang murah dengan bahan baku baja karbon rendah melalui proses karburasi padat (*pack carburizing*). Dari pengujian kekerasan, pada baja hasil karburasi nilai optimal yang didapat adalah sebesar 147 VHN, sedangkan baja spesimen awal sebesar 102 VHN. Untuk hasil dari pengujian tarik, baja hasil karburasi mempunyai nilai optimal kekuatan tarik ( $\sigma_u$ ) 320.08 N/mm<sup>2</sup>, kekuatan luluh ( $\sigma_y$ ) 161.61 N/mm<sup>2</sup>, dan ketangguhan 9251.65 mm<sup>2</sup>, dengan variasi waktu karburasi 8, 9, 10 jam.

Kata kunci : karburasi, karbon, pack carburizing, perlakuan panas, kopling, komponen otomotif

### Abstract

*It is very important to acquiring cheap automotive components by small industry. One of the automotive components is coupling leaf which is very required, but considered very costly or expensive. To fulfilling the requirement of small industry in this coupling, the author tries to make this component cheap with low carbon steel trough pack carburizing heat treatment. From the hardness test of the specimen reached optimum value in 147 VHN, which is only 102 VHN before pack carburized. From the tensile test achieved values of tensile strength ( $\sigma_u$ ) 320.08 N/mm<sup>2</sup>, yield strength ( $\sigma_y$ ) 161.61 N/mm<sup>2</sup>, and toughness 9251.65 mm<sup>2</sup>, with varieties carburizing time 8, 9, and 10 hours*

*Key words: carburizing, carbon, pack carburizing, heat treatment, coupling, automotive parts*

### Pendahuluan

Daun kopling merupakan komponen otomotif yang bekerja secara ekstrim dan terus menerus selama penggunaannya. Karena itu sering terjadi kerusakan pada daun kopling tersebut. Bila kerusakan terjadi maka penggantian daun kopling yang baru harus cepat dilakukan. Sedangkan harga daun kopling sangatlah mahal seiring dengan bahan dasar yang biasanya terbuat dari baja karbon tinggi yang sulit untuk dibentuk dan mahal bagi kalangan industri kecil.

Oleh karena itu, untuk memangkas ongkos produksi dan harga penjualan maka industri kecil yang bergerak dibidang otomotif berkeinginan untuk membuat komponen-komponen otomotif dalam hal ini daun kopling dengan bahan baku yang ada disekitar industri atau banyak tersedia di pasaran dengan harga yang relatif murah dan terjangkau.

Bahan baku yang banyak tersedia itu adalah produk baja karbon rendah yang murah dan mampu bentuk baik, tetapi dengan sifat material yang lebih rendah

dari pada bahan baku yang biasa digunakan dalam pembuatan daun kopleng. Oleh karena itu untuk meningkatkan sifat mekaniknya maka digunakan metode pengerasan permukaan yang salah satunya adalah dengan cara karburasi.

### Pembahasan

Karburasi adalah suatu proses termokimia yang dilakukan terhadap baja dengan cara mendifusikan karbon pada permukaan baja sehingga diperoleh permukaan baja dengan kandungan karbon yang cukup untuk membentuk fasa martensit jika dilakukan laju pendinginan yang cepat.

Proses karburasi diterapkan pada baja-baja yang tidak mudah dikeraskan dengan transformasi martensit, seperti pada baja-baja karbon rendah (*low carbon steel*) atau pada baja-baja paduan rendah (*low alloy steel*). Proses pelarutan karbon kepermukaan baja berlangsung pada temperatur austenisasi dan kemudian didinginkan dengan laju pendinginan yang sangat cepat (*quench*).

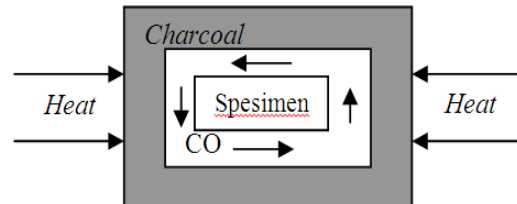
Proses karburasi bertujuan untuk meningkatkan kekerasan permukaan dan ketahanan terhadap aus. Hasil proses karburasi banyak digunakan pada komponen-komponen mesin yang bergesekan, misalnya pada spindel, roda gigi dan komponen-komponen yang bergerak relatif.

Salah satu metode karburasi yang umum digunakan adalah karburasi padat (*pack carburizing*), metode ini paling tua digunakan. Pada proses ini, komponen-komponen baja dimodifikasi dengan pengerjaan panas dan disatukan dengan 80% arang kayu (*charcoal*) dan 20%  $BaCO_3$  sebagai pemercepat proses (*energizer*) dalam tungku tahan panas dan dipanaskan pada temperatur  $930^{\circ}C$  selama periode waktu yang ditentukan tergantung pada kedalaman yang dibutuhkan. Temperatur yang tinggi dalam tungku mempermudah penyerapan karbon pada permukaan baja. Reaksi kimia yang terjadi adalah sebagai berikut:

- penguraian *energizer* untuk memberikan gas CO kepada permukaan baja:  
 $BaCO_3 \rightarrow BaO + CO_2$   
 $CO_2 + C \rightarrow 2CO$
- karbon monoksida bereaksi dengan permukaan baja:  
 $2CO + Fe \rightarrow Fe(C) + CO_2$
- karbon berdifusi dengan baja  
 $CO_2 + C \leftrightarrow 2CO$
- $CO_2$  yang terbentuk pada langkah (b) bereaksi dengan "C" dalam arang kayu

Untuk baja dan temperatur yang ditentukan, dalamnya penetrasi tergantung pada difusi dan waktu

Secara umum, waktu karburasi bervariasi mulai dari 6 jam sampai dengan 8 jam dan kedalaman yang dihasilkan mulai dari 1 mm sampai 2 mm. Pada proses ini, hasilnya ditentukan oleh kualitas arang.



Gambar 1 skematik proses karburasi

### Metoda penelitian

#### 1. Persiapan Bahan Baku

Material yang digunakan adalah lembaran baja karbon rendah  $C \sim 0.0353$  %wt yang nantinya dipakai sebagai bahan daun kopleng. Lembaran baja karbon rendah ini dibentuk terlebih dahulu seperti bentuk spesimen untuk uji tarik. Hal ini dikarenakan pertimbangan mampu bentuk baja yang telah dikeraskan dan terjadi struktur martensit akan sangat sulit untuk dibentuk.

#### 2. Penentuan Variabel Karburasi

##### 2.1 Metode Karburasi

Metode karburasi yang akan dipergunakan adalah metode karburasi padat dengan prosedur seperti di bawah ini.

- Metode: *Pack carburizing*
- Sumber Karbon: *Hardwood charcoal*
- Potensi Karbon: *Barium Carbonate* ( $BaCO_3$ )
- Penyusunan: Spesimen berjarak 25 mm satu dengan yang lain
- Tungku: Induksi
- Media *Quenching*: Air

##### 2.2. Variasi Proses Karburasi

###### 1. Variasi waktu karburasi

Karburasi divariasikan berdasarkan lamanya waktu dengan satuan jam seperti di bawah ini.

Waktu : 8, 9 dan 10 jam

Suhu :  $930^{\circ}C$

Sumber Karbon : *Charcoal* 90 %

Potensi Karbon : *Barium Carbonate* ( $BaCO_3$ ) 10 %

Spesimen : 1,2, dan 3

###### 2. Variasi potensi karbon

Karburasi divariasikan berdasarkan persentasi potensi karbon dan sumber karbon seperti di bawah ini.

Waktu Karburasi : 8 jam

Suhu :  $930^{\circ}C$

Spesimen : 4, 5, dan 6

- a. Potensi Karbon: *Barium Carbonate* ( $BaCO_3$ ) 10% , Sumber Karbon: *Charcoal* 90 %
- b. Potensi Karbon: *Barium Carbonate* ( $BaCO_3$ ) 15%, Sumber Karbon: *Charcoal* 85 %
- c. Potensi Karbon: *Barium Carbonate* ( $BaCO_3$ ) 20%, Sumber Karbon: *Charcoal* 80 %

**3. Pengujian**

**3.1. Metalografi**

Baja karburasi yang akan di uji metalografi dipotong sedikit untuk memudahkan dalam pemolesan dan pemotretan.

Setelah proses penggerindaan menggunakan amplas nomor 100, 800, 1500, dan 2000 secara berturut-turut, kemudian pemolesan menggunakan bahan halus seperti bludru selanjutnya dietsa dengan nital 2% selesai maka untuk mendapatkan struktur mikronya dapat dilihat melalui mikroskop optik. Setelah itu struktur mikro yang terlihat difoto agar mudah untuk dianalisa.

**3.2. Uji Keras**

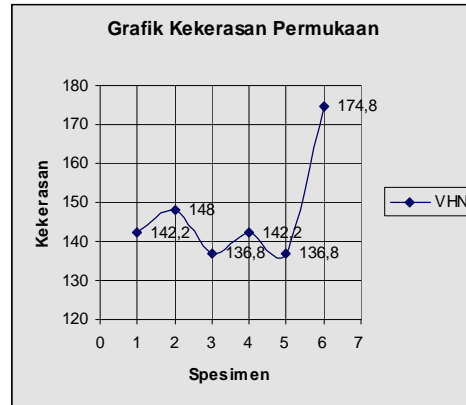
Setelah selesai dilakukan metalografi maka untuk mengetahui kekerasannya dilakukan pengujian kekerasan yang menggunakan metode kekerasan Vicker. Untuk uji ini spesimen yang digunakan adalah bekas spesimen uji metalografi.

Pengujian akan dilakukan pada permukaan spesimen sebanyak lima kali (lima titik) untuk setiap spesimen uji, dari lima kali pengujian ini akan didapat harga untuk setiap daerah uji dan rata-rata kekerasannya dengan satuan VHN (*Vicker Hardness Number*).

Beban yang dikenai terhadap spesimen adalah 200 gram, dan penetratornya adalah piramida intan dengan sudut  $136^\circ$ . Jarak titik pengujian untuk titik uji 1 adalah sejauh 0.05 mm dari permukaan baja spesimen dan untuk jarak titik uji selanjutnya diukur dari titik uji sebelumnya. Data-data hasil uji keras dapat dilihat di bawah ini.

Tabel 1 Kekerasan spesimen uji

Spesimen	VHN
1	142,2
2	148
3	136,8
4	142,2
5	136,8
6	174,8



Grafik 1 Kekerasan permukaan spesimen uji

Kekerasan untuk spesimen uji nomor urut 1 sampai 6 terlihat semakin menurun jika menjauhi permukaannya. Hal ini disebabkan oleh adanya lapisan karburasi yang berdifusi dari mulai lapisan permukaan ke arah dalam. Lapisan karburasi akan mempunyai kekerasan yang lebih tinggi dari pada lapisan bagian dalam baja karburasi, karena pada lapisan karburasi terjadi penambahan unsur karbon yang menyerap ke dalamnya. Kekerasan lapisan permukaan ini akan terbentuk jika dilakukan proses pendinginan yang cepat (*quench*) setelah dikarburasi.

Sedangkan untuk kekerasan permukaan seluruh spesimen mempunyai harga yang bervariasi yang disebabkan oleh parameter proses karburasi yang dikenai terhadapnya adalah berbeda-beda. Tetapi untuk spesimen baja karburasi di atas, spesimen yang dianggap baik adalah spesimen yang mempunyai nilai kekerasan yang tertinggi dalam hal ini adalah spesimen nomor 6.

**3.3. Uji Tarik**

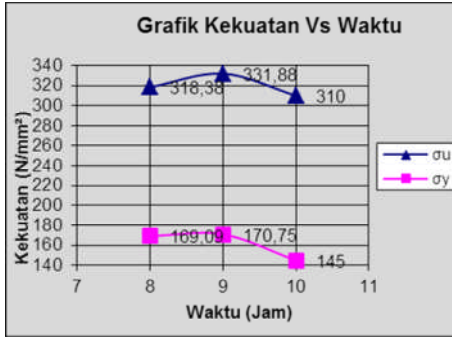
Uji tarik dilakukan untuk mengetahui kekuatan spesimen terhadap beban tarikan. Untuk setiap spesimen yang diuji akan dikenai pembebanan yang sama pada mesin uji tarik.

Analisa yang dilakukan adalah membuat grafik-grafik dari kekuatan tarik, kekuatan luluh, elongasi, dan ketangguhan terhadap variasi waktu karburasi, dan potensi karbon beserta ulasannya, dengan spesimen yang dikarburasi berjumlah 6 buah.

**3.3.1. Variasi Waktu Karburasi**

Waktu proses karburasi dipilih selama 8, 9, dan 10 jam untuk spesimen yang berjumlah 3 buah dengan nomor urut 1, 2, dan 3. Potensi karbon yang digunakan 10% dan temperatur karburasi adalah  $930^\circ C$ . Grafik kekuatan luluh dan kekuatan tariknya dapat dilihat di bawah ini.

**1. Kekuatan luluh dan kekuatan tarik terhadap waktu karburasi**

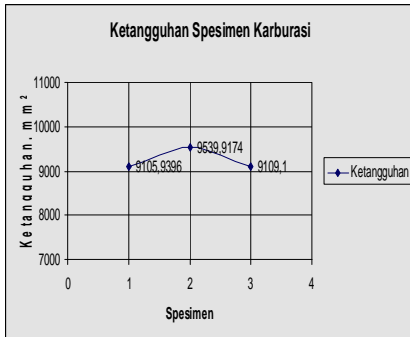


Grafik 2 Kekuatan terhadap waktu

Kekuatan tarik ( $\sigma_u$ ) dan kekuatan luluh ( $\sigma_y$ ) maksimal spesimen baja karbon rendah dengan ketebalan 1 mm terjadi pada waktu karburasi 9 jam. Sedangkan kekuatan terendah terjadi pada waktu karburasi 10 jam. Dengan demikian jika waktu karburasi 8 jam dijadikan sebagai acuan untuk waktu karburasi pada baja karbon rendah dengan tebal 1 mm berbentuk pelat, maka waktu karburasinya tidak boleh kurang dari 8 jam dan atau melebihi 9 jam. Jadi lamanya waktu yang terbaik adalah antara 9 jam, jika melebihi atau kurang dari waktu tersebut maka nilai kekuatannya akan kecil. Oleh karena itu pemilihan waktu karburasi harus dipertimbangkan dengan baik karena lamanya waktu karburasi mempengaruhi nilai kekuatan dari spesimen yang dikenai proses karburasi dengan metoda karburasi padat ini. Untuk baja-baja karburasi pertimbangan waktu karburasinya akan lebih mudah dicapai karena baja jenis ini mempunyai sifat yang mudah untuk dikarburasi.

**2. Ketangguhan**

Ketangguhan dari spesimen karburasi di dapat dari luas wilayah di bawah kurva uji tarik.



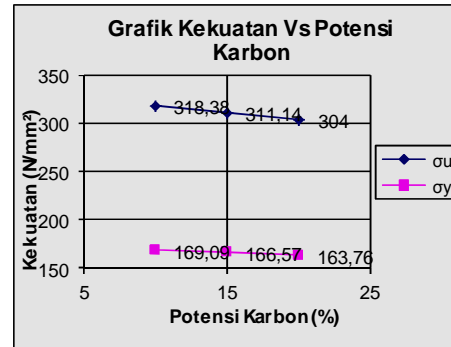
Grafik 3 Ketangguhan spesimen karburasi

Nilai ketangguhan tertinggi adalah pada spesimen 2, dan yang terendah pada spesimen 1. Ketangguhan dan kekuatan yang terjadi pada spesimen karburasi 2 selalu yang optimal atau nilai tertinggi.

**3.3.2. Variasi Potensi Karbon**

Potensi karbon yang dipilih adalah Barium Karbonat ( $BaCO_3$ ) dengan perbandingan 10%, 15%, dan 20% untuk setiap spesimen yang berjumlah 3 buah dengan nomor urut 4, 5, dan 6. Grafik kekuatan luluh dan kekuatan tariknya adalah sebagai berikut di bawah ini.

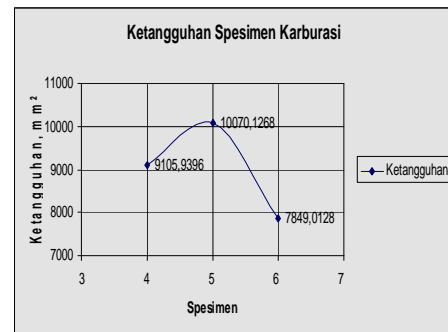
**2. Kekuatan luluh dan kekuatan tarik terhadap potensi karbon**



Grafik 4 Kekuatan terhadap potensi karbon

Kekuatan tarik dan kekuatan luluh dengan nilai tertinggi terjadi pada potensi karbon dengan persentase 10%, dan yang terendah terjadi pada persentase potensi karbon 20%.

**2. Ketangguhan**



Grafik 5 Ketangguhan spesimen karburasi

Nilai ketangguhan yang tertinggi terjadi pada spesimen karburasi 5. Sedangkan spesimen yang lain mempunyai nilai yang lebih rendah. Maka spesimen karburasi 5 bisa dianggap nilai yang optimal yang dapat dihasilkan oleh variasi potensi karbon.

**3.4. Spektrometri**

Spektrometri dilakukan terhadap spesimen asli dengan bahan dasar baja karbon tinggi dan spesimen baja karbon rendah yang akan dikarburasi. Uji ini untuk mengetahui unsur-unsur yang terkandung di dalam material yang diuji. Spektrometri dilakukan terhadap dua spesimen yaitu spesimen asli atau daun kopling dan spesimen awal yang akan dikarburasi.

1. Spesimen Asli

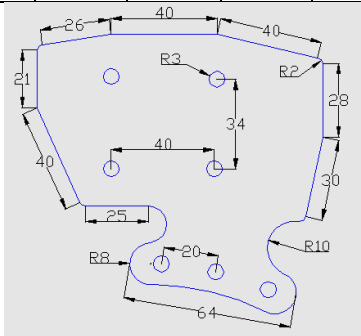
Tabel 2 Spektrometri spesimen asli

C (%Wt)	Si (%Wt)	Mn (%Wt)	S (%Wt)	Ni (%Wt)	V (%Wt)
0.8064	0.2362	0.3507	0.0035	0.0210	0.0231

2. Spesimen Awal

Tabel 3 Spektrometri spesimen awal

C (%Wt)	Si (%Wt)	Mn (%Wt)	P (%Wt)	Mo (%Wt)	Cu (%Wt)
0.0353	0.0307	0.0819	0.0282	0.0077	0.0887



Gambar 2 Daun kopling (spesimen asli)

**Kesimpulan dan saran**

Setiap telah melakukan pekerjaan ataupun penelitian pastilah terdapat suatu kesimpulan-kesimpulan yang dapat ditarik berdasarkan hal-hal yang telah dialami dalam penelitian tersebut, serta saran-saran yang timbul dari suatu akibat yang bertujuan untuk membangun ataupun untuk memperbaiki berlangsungnya suatu proses.

1. Kesimpulan

- a) Hasil dari pengujian Spektrometri terhadap baja karbon spesimen adalah mempunyai kandungan karbon sebesar 0.035 %, baja ini termasuk baja karbon rendah. Kemudian untuk baja original mempunyai kandungan karbon sebesar 0.81 %, baja ini termasuk baja karbon tinggi
- b) Hasil dari pengujian kekerasan baja spesimen karburasi mempunyai kekerasan rata-rata pada titik uji 1 atau pada daerah permukaan adalah sebesar 147 VHN. Sedangkan pada baja spesimen awal sebesar 102 VHN.

c) Hasil dari uji tarik untuk baja spesimen karburasi dan spesimen awal mempunyai kekuatan luluh dan kekuatan tarik serta ketangguhan rata-rata sebesar:

- 1. Baja karburasi dengan variasi waktu karburasi spesimen 1, 2, dan 3.
  - a. Kekuatan tarik ( $\sigma_u$ ) sebesar 320.08 N/mm<sup>2</sup>
  - b. Kekuatan luluh ( $\sigma_y$ ) sebesar 161.61 N/mm<sup>2</sup>
  - c. Ketangguhan sebesar 9251.65 mm<sup>2</sup>
- 2. Baja karburasi dengan variasi potensi karbon spesimen 4, 5, dan 6.
  - a. Kekuatan tarik ( $\sigma_u$ ) sebesar 311.17 N/mm<sup>2</sup>
  - b. Kekuatan luluh ( $\sigma_y$ ) sebesar 166.47 N/mm<sup>2</sup>
  - c. Ketangguhan sebesar 9008.36 mm<sup>2</sup>
- 3. Baja spesimen awal dengan nomor spesimen 0
  - a. Kekuatan tarik ( $\sigma_u$ ) sebesar 343.18 N/mm<sup>2</sup>
  - b. Kekuatan luluh ( $\sigma_y$ ) sebesar 216.44 N/mm<sup>2</sup>
  - c. Ketangguhan sebesar 10912.59 mm<sup>2</sup>

d) Dari semua data pengujian di atas dapat disimpulkan bahwa baja karburasi yang dihasilkan memiliki sifat material yang lebih rendah dari pada baja karbon spesimen original. Hal ini dikarenakan:

- 1. Kurang optimalnya pemilihan variasi karburasi
- 2. Lapisan karburasi yang terbentuk masih kurang tebal
- 3. Proses karburasi tidak sempurna

2. Saran

- a. Pemilihan baja untuk karburasi sebaiknya adalah baja karbon medium.
- b. Variasi karburasi ditetapkan sebaik mungkin sehingga hasil karburasi sesuai dengan yang diharapkan. Variasi karburasi yang berpengaruh terhadap hasil karburasi adalah variasi waktu karburasi dan variasi potensi karbon.
- c. Spesimen yang telah dikarburasi sebaiknya dijaga agar tidak terjadi pengamatan atau korosi yang akan berpengaruh terhadap kekuatannya.

Daftar Pustaka

- 1. ASM Metals Handbook, Volume 01. *Properties and Selection: Irons, Steels, and High Performance Alloys*. ASM International. 1990.
- 2. ASM Metals Handbook, Volume 03. *Alloy Phase Diagrams*. ASM International. 1998.
- 3. ASM Metals Handbook, Volume 07. *Powder Metal Technologies and Applications* ASM International. 1998.
- 4. ASM Metals Handbook, Volume 08. *Mechanical Testing and Evaluation*. ASM International. 2000.

5. ASM Metals Handbook, Volume 09. *Metallography and Microstructures*. ASM International. 2004.
6. ASM Metals Handbook, Volume 10. *Materials Characterization*. ASM International. 1998.
7. George E. Dieter, *Mechanical Metallurgy*, SI Metric Edition.
8. George Krauss, *Principles of Heat Treatment of Steel*, American Society for Metals.
9. Parrish, Geoffrey. *Carburizing: Microstructures and Properties*. ASM International. 1999.
10. William F. Smith, *Foundations of Material Science and Engineering*, Second Edition, McGraw-Hill International Edition. 1988