

PENGARUH KARBURISASI DENGAN SERBUK BATUBARA SEMI ANTRASIT PADA BAJA KARBON MEDIUM YANG DIQUENCHING DENGAN MINYAK OLI SAE 140, MINYAK SAWIT MENTAH DAN AIR TERHADAP KEKERASAN DAN KETANGGUHAN

Nukman, Sugeng Prasetyo

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya
Jl. Raya Palembang-Prabumulih KM 32 Kec. Inderalaya 30662 -OI
E-mail: ir_nukman2001@yahoo.com

Abstrak

Elemen mesin yang di rancang untuk keperluan industri saat ini harus mempunyai kualitas yang sangat baik. Material yang di pilih harus sesuai dengan kondisi pada saat proses pemakaiannya. Karburisasi dan Quenching adalah salah satu usaha yang dilakukan guna untuk mencapai kebutuhan tersebut. Berdasarkan hasil pengujian dan analisa yang dilakukan kekerasan bahan material HQ 760 meningkat setelah dilakukan proses karburisasi dengan batubara dan di quenching dengan media Pelumas SAE 140, CPO (Crude Palm Oil), dan air. Peningkatan kekuatan impact yang paling baik adalah ketika di karburisasi dengan Pelumas SAE 140 yaitu sampai mencapai 62%.

Kata kunci: Karburisasi, Batubara Semi Antrasit, Quenching, Pelumas SAE 140, Air.

I. PENDAHULUAN

Kemajuan industri dan teknologi yang telah dicapai saat ini, telah berkembang begitu pesatnya. Berbagai macam metode, penemuan dan penciptaan produk-produk yang baru terus dilakukan oleh manusia. Produk-produk yang dihasilkan tidak dapat terlepas begitu saja dari penggunaan logam sebagai bahan dasar.

Penggunaan logam untuk berbagai keperluan sesuai dengan perkembangan teknologi membuat timbulnya pengetahuan tentang logam semakin lama semakin meluas, mendalam, dan khusus. Salah satu pengetahuan tentang peningkatan kekerasan permukaan pada logam adalah proses karburisasi.

Unsur yang paling berpengaruh terhadap sifat-sifat baja adalah unsur karbon, meskipun unsur-unsur lain tidak bisa diabaikan begitu saja. Cara yang digunakan untuk meningkatkan kandungan unsur karbon dipermukaan baja adalah dengan proses karburisasi. Karburisasi adalah proses perlakuan panas yang dilakukan pada baja karbon medium dengan tujuan untuk meningkatkan kekerasan, agar lebih tahan aus dan dapat digunakan untuk peralatan seperti roda gigi, plat baja konstruksi, poros dan sebagainya. Prinsip karburisasi adalah mendifusikan karbon kepermukaan benda kerja.

Pada proses karburisasi ini dipilih media batubara Semi Antrasit (*high rank coal*) karena kadar karbonnya lebih tinggi dibanding jenis batubara lainya kemudian CPO (*Crude Palm Oil*), Pelumas SAE 140 dan air sebagai media *quenching*. Proses karburisasi yang dilakukan adalah jenis karburisasi padat. Untuk itu telah dilakukan penelitian proses karburisasi dan *quenching* pada baja karbon medium.

Umumnya elemen mesin menggunakan bahan baja sebagai bahan baku pembuatannya. Baja yang mempunyai sifat mekanis yang kompleks sangat memungkinkan para perancang untuk melakukan penelitian guna dalam pemakaiannya baja dapat digunakan secara optimal. Baja karbon medium yaitu dengan kadar karbon berkisar 0,2 s/d 0,5%, dan yang sering digunakan baja dengan kadar karbon 0,4%. Baja karbon medium memiliki potensi untuk dikeraskan melalui proses karburisasi atau penambahan unsur karbon pada struktur mikronya, dimana dalam proses tersebut baja diberikan penambahan unsur karbon untuk meningkatkan kekerasan permukaan pada logam tersebut.

Material yang akan diberi perlakuan panas adalah baja karbon medium HQ 760 (*high quality*) dengan menggunakan proses karburisasi padat media batubara Semi Antrasit dengan waktu penahanan 45, 75, dan 105 menit, kemudian diquenching dengan media CPO, minyak Oli SAE 140 dan air.

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui perubahan kekerasan dan ketangguhan baja karbon medium setelah dilakukan proses karburisasi dengan temperatur dan waktu penahanan yang berbeda kemudian *diquenching* dengan beberapa media.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sifat mekanik Baja Karbon

Sifat mekanik merupakan sifat dasar yang dapat diubah dan dipengaruhi dari luar. Pengaruh ini biasanya berupa pemanasan pada waktu dan temperatur tertentu, sehingga struktur mikro logam tersebut berubah dan sifat mekaniknya turut berubah karena pemanasan.

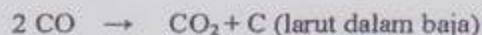
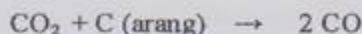
Sifat mekanik pada logam dapat dikontrol dengan cara perlakuan panas (*Heat Treatment*), sifat-sifat tersebut antara lain (Smith, 1993):

1. Kekerasan
2. Kekuatan
3. Keuletan
4. Deformasi
5. Ketangguhan

2.2. Karburisasi

Karburisasi adalah proses perlakuan panas termokimia yang dilakukan untuk menambah komposisi karbon dipermukaan baja. Dengan demikian agar baja tersebut dapat dikeraskan permukaannya perlu dilakukan perubahan komposisi dari baja tersebut. Perubahan komposisi dilakukan dengan cara melarutkan karbon pada permukaan baja. Prinsip karburisasi tidak lain mendifusikan karbon ke permukaan benda kerja. Proses karburisasi dilakukan pada temperatur berkisar 850 s.d. 950°C. Proses karburisasi ini biasanya dilakukan pada baja karbon rendah dan baja karbon sedang (Prabudev, 1998).

Reaksi dari proses karburisasi adalah :



Media karbon yang dibutuhkan dalam proses ini didapatkan dari media yang berbentuk gas, cair, ataupun padat. Pemanasan dengan temperatur rendah mengakibatkan karbon tidak dapat melebur di dalam baja. Baja dan media karburisasi harus dipanaskan secara bersama-sama selama berlangsungnya proses karburisasi pada temperatur tinggi.

Adapun tujuan dari proses karburisasi adalah sebagai berikut:

1. Meningkatkan kandungan karbon.
2. Meningkatkan ketahanan aus.
3. Meningkatkan ketahanan fatik.
4. Menambah kekerasan pada permukaan logam.

2.3. Quenching

Quenching adalah proses pendinginan cepat baja dari temperatur austenisasi pada media tertentu yang akan menghasilkan struktur martensit atau pendinginan tiba-tiba baja ke dalam media yang memiliki laju pendinginan cepat seperti air. Proses *quenching* banyak digunakan karena mudah dalam melakukannya dan sangat efektif, selain itu terdapat banyak jenis media pendingin yang dapat digunakan seperti air, oli, dan lain-lain (Kramer et al, 1989).

Tujuan dari proses pengerasan adalah agar diperoleh struktur martensit yang keras, sekurang-kurangnya di permukaan baja. Hal ini hanya dapat dicapai jika menggunakan media *quenching* yang efektif.

Sehubungan dengan ukuran benda kerja sudah ditentukan sebelumnya, maka untuk menjamin agar tidak terjadi distorsi pada benda kerja harus diperhatikan media *quenching* yang digunakan. Hal tersebut dapat dicapai dengan menggunakan media *quenching* yang sesuai dengan jenis baja, tebal penampang dan besarnya distorsi yang diizinkan.

2.4. Ketangguhan

Ketangguhan adalah kemampuan dari suatu logam untuk mempertahankan bentuknya dengan cara menyerap banyaknya energi dari suatu material yang mempengaruhinya sampai terjadinya perpatahan. Besarnya Energi impact dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$E_1 = P (D - D \cos \alpha)$$

$$E_2 = P (D - D \cos \phi)$$

$$E = E_1 - E_2 = P D (\cos \phi - \cos \alpha)$$

Dimana:

E_1 = Energi potensial yang ditahan pada sudut angkat (α) dari palu

E_2 = Posisi energi yang ditahan pada sudut ayun (ϕ) dari palu

P = Berat palu = 25,68 kg

D = Jarak dari pusat sumbu palu ke pusat gravitasi = 0,6490 m

α = Sudut angkat palu = 146,5°

ϕ = Sudut ayun setelah palu mengenai specime

III. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimental di laboratorium dengan didukung oleh literatur-literatur yang menunjang. Metodologi penelitian selengkapnya dapat diuraikan sebagai berikut:

3.1. Persiapan Spesimen

Spesimen yang digunakan untuk tahapan proses karburisasi dan pengujian harus dipersiapkan secara cermat dan teliti. Hal ini berguna untuk menghindari terjadinya kesalahan dalam pengumpulan data pada saat penelitian. Spesimen yang digunakan pada proses karburisasi ini adalah baja karbon medium dengan komposisi kimia seperti dalam tabel berikut:

Tabel 1: Komposisi Kimia Baja Karbon Medium

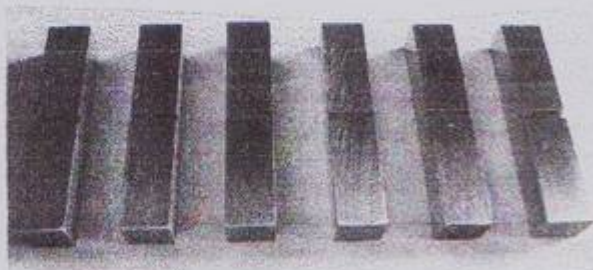
Unsur	Kandungan (%)
C	0,45
Mn	0,60
Si	0,30
S	0,04

(PT. Tira Austenit)

Spesimen yang digunakan dalam penelitian ini berjumlah 12 spesimen dengan pembagian sebagai berikut:

Tiga spesimen tanpa perlakuan yang akan dilakukan uji kekerasan, uji dampak dan uji metalografi. Sembilan spesimen untuk dikarburisasi dengan temperatur karburisasi (900° C) dan waktu penahanan karburisasi (45, 75, dan 105 menit) dengan media karburisasi batubara kemudian diquenching dengan media CPO, pelumas SAE 140, dan air, setelahnya akan dilakukan uji kekerasan dan uji dampak.

Spesimen ini dipotong sesuai dengan standar pengujian dampak untuk metode Charpy yaitu 55 x 10 x 10 (mm) dan mengandung takik 45°, dengan jari-jari dasar 0,25 mm dan kedalaman 2 mm. Spesimen untuk pengujian ini seperti terlihat seperti pada gambar 1.



Gambar 1. Spesimen Uji Impact

3.2. Proses Karburisasi

Proses Karburisasi yang dilakukan pada penelitian ini adalah jenis karburisasi padat, dengan menggunakan media serbuk batubara sebagai sumber karbonnya dan menggunakan barium karbonat ($BaCO_3$) sebagai katalisatornya. Perbandingan berat antara medium karbon dengan katalisatornya adalah 95% untuk medium karbon dan 5% untuk katalisator. Penelitian yang dilakukan menggunakan medium karburisasi yaitu serbuk batubara dengan berat 900 gram dan untuk katalisator dengan berat 45 gram.

Spesimen yang telah dipersiapkan dimasukkan kedalam kotak persegi empat yang tertutup dan terbuat dari baja, kemudian ditaburi dengan campuran serbuk batubara sebagai media karbon dan barium karbonat. Setelah bahan-bahan tersebut tercampur secara merata, kemudian kotak yang berisi spesimen pengujian dan bahan-bahan karburisasi dimasukan kedalam tungku pemanas dan dipanaskan sampai temperatur dan waktu penahanan yang telah ditentukan.

Adapun komposisi kimia batubara terdiri atas banyak unsur dan senyawa seperti yang ditunjukkan oleh tabel 2.

Tabel 2: Komposisi Batubara Antrasit

No.	Jenis Kandungan Zat	Kadar (%)
1	Karbon	84,05
2	Uap air total	4,5
3	Hidrogen	3,31
4	Nitrogen	1,54
5	Oksigen	11,1

(Sumber: Nukman, 2006).

Proses karburisasi dilakukan pada temperatur 900°C dengan waktu penahanan yaitu 30 menit. Setelah mencapai temperatur dan waktu penahanan yang dikehendaki pada masing-masing spesimen, kemudian spesimen dikeluarkan dari kotak dan langsung dicelup cepat atau di quenching dengan media CPO, pelumas SAE 140 dan air. Setelah spesimen dingin, lalu spesimen diangkat dari media kemudian dikeringkan dan dibersihkan. Pada pengujian ini semua spesimen diberi perlakuan quenching. Setelah itu dilanjutkan dengan proses berikutnya.

3.3. Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan adalah satu dari sekian banyak pengujian yang dipakai, karena dapat dilaksanakan pada benda uji yang kecil tanpa kesukaran mengenai

spesifikasi. Pada penelitian ini digunakan pengujian kekerasan dengan metode Rockwell. Mesin uji kekerasan yang digunakan adalah *Rockwell Hardness Tester type RH-3N* buatan Tokyo Testing Machine. MF G. Co., LTD yang ada di Laboratorium Metalurgi Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Metode Rockwell menggunakan dalamnya bekas penekanan sebagai ukuran kekerasan material. Pengujian kekerasan Rockwell cocok untuk semua material yang keras dan yang lunak, penggunaannya sederhana dan penekanannya dapat dengan leluasa. Pengukuran cara Rockwell dapat berlangsung lebih cepat karena skala Rockwell langsung ditunjukkan pada dial indikator. Tabel 3 menunjukkan bagaimana memilih skala Rockwell.

Tabel 3: Skala Pengujian *Rockwell*

Skala	Penekanan	Beban (kgf)	Warna Skala
B, RB	Bola baja 1/16 inch	100	Merah
C, Rc	Intan	60	Hitam
A, RA	Intan	100	Hitam
D	Bola baja 1/8 inch	100	Merah
E	Bola baja 1/16 inch	60	Merah
F	inch	150	Merah
G	Bola baja 1/16 inch	60	Merah
H	inch	150	Merah
K	Bola baja 1/8 inch	60	Merah
L	Bola baja 1/8 inch Bola baja 1/4 inch	60	Merah

Metode ini menggunakan indenter kerucut intan atau bola baja bulat yang dikeraskan. Metode ini lebih efisien dari metode lain. Indenter kerucut intan lebih cocok untuk material keras sedangkan bola baja lebih cocok untuk material yang lebih lunak. Beban yang diberikan terdiri dari beban minor awal sebesar 10 kg yang gunanya untuk memecah lapisan tipis yang ada di permukaan benda uji. Kemudian dilanjutkan dengan beban mayor/ utama sebesar 60 kg, 100 kg atau 150 kg.

Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam pengujian kekerasan adalah:

1. Permukaan benda uji harus rata dan sejajar terhadap meja ukur.
2. Pengukuran kekerasan tidak dilakukan pada titik-titik yang terlalu dekat dengan benda kerja.

3.4. Pengujian *Impact*

Material yang telah dikarburisasi dengan temperatur dan waktu penahanan yang berbeda *diquenching* dan distemper, juga dilakukan pengujian impak. Pelaksanaan pengujian impak ini dilakukan dengan menggunakan alat uji mesin *Charpy Impact Testing Machine type CI-30* buatan Tokyo Testing Machine MFG.Co., LTD yang ada di Laboratorium Metalurgi Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Pada uji impak diukur energi yang diserap untuk mematahkan benda uji. Setelah benda uji patah, bandul berayun kembali. Makin besar energi yang diserap, makin rendah ayunan kembali dari bandul.

IV. ANALISA DATA

4.1. Pengujian Kekerasan

Pada pengujian ini digunakan alat uji Rockwell. (*Rockwell Hardness Tester*) Indentor yang digunakan yaitu kerucut intan dengan sudut 120° . Beban yang diberikan sebesar 150 kg, dengan beban awal (*Preliminary load*) 10 kg dan penggunaan beban utama (*mainload*) sebesar 150 kg. Skala yang digunakan dalam pengujian ini disebut dengan skala HRC. Dari pengujian kekerasan dari setiap proses perlakuan panas dan tanpa perlakuan terdiri dari tiga spesimen uji, maka didapat nilai kekerasan rata-rata total dari setiap seperti pada tabel 4 berikut:

Tabel 4: Nilai Kekerasan rata-rata Total

No	Proses perlakuan	Angka kekerasan
1	Tanpa perlakuan	26,59
2	Karburisasi - <i>quenching</i> pelumas SAE 140	32,79
3	Karburisasi- <i>quenching</i> CPO	46,96
4	Karburisasi - <i>quenching</i> air	59,1

4.2. Pengujian Impak

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui berapa besar energi yang diserap oleh spesimen sampai terjadinya perpatahan, dengan kata lain untuk mengetahui kekuatan impak atau ketangguhan dari spesimen tersebut.

1. Energi Impak Spesimen Tanpa Perlakuan

Untuk spesimen yang tidak dikarburisasi :

$$\phi = 124^{\circ}; \alpha = 146,5^{\circ}; D = 0,6490 \text{ m};$$

$$P = 25,68 \text{ kg} = 251,9 \text{ Newton}$$

Jadi :

$$\begin{aligned}
 E &= P \cdot g \cdot D (\cos \phi - \cos \alpha) \\
 &= 251,9 \cdot 0,6490 (\cos 124^\circ - \cos 146,5^\circ) \\
 &= 163,483 \{(-0,5591) - (-0,8339)\} \\
 &= 44,9 \text{ Joule}
 \end{aligned}$$

Tabel 5: Karburisasi pada Temperatur 900°, Diquenching dengan variasi media (CPO, Air dan Pelumas SAE 140)

No	Media Quenching	Waktu Tahan Karburisasi (menit)	Energi (Joule)
1	CPO	45	24,8
2		75	11,1
3		105	12,2
4	Air	45	12,9
5		75	7,5
6		105	7,5
7	Pelumas SAE 140	45	30,1
8		75	49,7
9		105	90

V. PEMBAHASAN

Dari hasil penelitian tentang proses perlakuan panas, yaitu karburisasi dan pengerasan *quenching* pada baja karbon medium dapat dilakukan pembahasan yang berkaitan dengan sifat mekanik terhadap masing – masing pengujian yaitu:

1. Pengujian kekerasan

Dari pengujian kekerasan yang telah dilakukan, dapat dilihat kekerasan logam tanpa perlakuan adalah 26,59 HRC. Pada kondisi temperatur 900°C dengan waktu penahanan 105 menit diperoleh kekerasan yang paling tinggi adalah spesimen dikarburisasi dengan batubara Semi Antrasit dengan penahanan yang *diquenching* dengan media air yaitu: 59,14 HRC. Peningkatan kekerasan baja karbon medium yang paling rendah adalah pada spesimen yang *diquenching* dengan pelumas SAE 140 yaitu 32,79 HRC.

2. Pengujian *Impact*

Pengujian *impact* dilakukan untuk mengukur energi yang diserap untuk mematahkan benda uji. Pengujian ini terutama untuk melihat kekuatan *impact* suatu bahan. Berdasarkan pengujian *impact* yang telah dilakukan terhadap spesimen yang tidak dikarburisasi dan spesimen yang dikarburisasi dengan variasi Media yang berbeda dan waktu

penahanan berbeda dilanjutkan dengan proses *quenching* dengan media yang berbeda juga, didapatkan energi *impact* yang paling tinggi terdapat pada spesimen yang dikarburisasi dengan media batubara Semi Antrasit pada temperatur 900°C dengan waktu penahanan 105 menit yaitu 90,52 Joule. Sedangkan spesimen yang tidak dikarburisasi memiliki energi *impact* yang paling rendah yaitu pada air yaitu 7,50 Joule. Dari data dan kurva diatas menunjukkan bahwa semakin tinggi jumlah kadar karbonnya dan semakin lama waktu penahanannya maka energi *impact* nya akan menurun. Hal ini disebabkan karena terbentuknya fase *sementit* yang keras dan getas saat dilakukan proses karburisasi pada temperatur *austenisasi* sehingga mempengaruhi kekuatan *impact* spesimen, terkecuali spesimen yang di *quenching* dengan media pelumas SAE 140 semakin lama penahanan waktu maka akan semakin meningkat energi *impact*nya.

VI. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan terhadap baja karbon medium yang dikarburisasi media batubara antrasit pada temperatur 900° dan waktu penahanan yang 45, 75, dan 105 menit kemudian *diquenching* dengan media CPO, pelumas SAE 140 dan air, dapat ditarik kesimpulan yaitu:

1. Kekerasan baja karbon medium meningkat setelah dikarburisasi. Kekerasan pada baja karbon medium tanpa perlakuan 26,6 HRC, pada baja karbon medium yang dikarburisasi dengan media batubara pada temperatur 900°C dengan waktu penahanan (45,75, 105 menit) kemudian *diquenching* dengan media pelumas SAE 140 adalah 32,7 HRC; dengan media CPO adalah 46,9 HRC; dengan media air 59,1 HRC.
2. Semakin tinggi temperatur dan semakin lama waktu penahanan karburisasi maka semakin tinggi kekerasan dipermukaan baja karbon rendah. Hal ini diakibatkan terbentuknya *sementit* dengan pemanasan temperatur tinggi pada temperatur *austenisasi*.
3. Energi *impact* pada baja karbon medium tanpa perlakuan 44,9 Joule, pada baja karbon medium yang dikarburisasi dengan batubara pada temperatur 900°C dengan waktu penahanan (45, 75, 105 menit) kemudian *diquenching* dengan media pelumas sebesar (30,1; 49,6 ; dan 80,5 Joule), media CPO (24,8; 11,1; dan 12,2 Joule), media air (12,9; 7,5 dan 7,5 Joule).

4. Energi *impact* pada baja karbon medium yang dikarburisasi dengan batubara pada temperatur 900°C dengan waktu penahanan 105 menit ternyata mempunyai kekuatan energi *impact* yang paling tinggi diantara spesimen baja karbon medium yang lain.
5. Nilai kekerasan Rockwell HRC yang paling tinggi adalah baja karbon medium yang di karburisasi dengan media batubara yang *diquenching* dengan media air dengan waktu penahanan 105 menit yaitu sebesar 59,1 HRC.
6. Spesimen yang dikarburisasi dan di *quenching* dengan CPO mengalami peningkatan kekerasan dan kekuatan *impact* yang merata.

VII. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kramer, Hans, and Johan Schamagi, (1994), *Engineering Materials*, MacMillan Press, LTD, London.
- [2] Smith, William F. (1993). *Foundations of Materials Science and Engineering*. McGraw-Hill.
- [3] Nukman, (2006), Proses Aglomerasi Air-Minyak Sawit untuk Menurunkan Kadar Abu dan Sulfur serta Meningkatkan Nilai Kalori Batubara Semi-Antrasit, Bituminus dan Sub-Bituminus, Disertasi Program Doktor Ilmu Material Universitas Indonesia.
- [4] Prabudev, K.H., (1998), *Hand Book of Heat Treatment of Steel*, Second Edition, Mc Graw-Hill Publishing Company Limited, Delhi.