

PENGARUH VARIASI PENDINGINAN SETELAH PROSES *CARBURIZING* TERHADAP KEKERASAN BAJA

Reny Afriany*, Asmadi**

*Program Studi Teknik Mesin Universitas IBA Palembang

**Program Studi Teknik Mesin Universitas IBA Palembang

e-mail : reny.afriany@yahoo.com

ABSTRAK

Komponen mesin yang saling bersinggungan dalam pengoperasiannya secara terus menerus akan menyebabkan keausan. Komponen mesin seperti poros, *crankshaft* dan roda gigi selain memerlukan kekuatan dan keuletan yang tinggi juga memerlukan kekerasan yang tinggi. Untuk memperlambat keausan yang timbul di permukaan, dibutuhkan kekerasan permukaan yang tinggi. Proses karburasi (*carburizing*) adalah salah satu metode untuk meningkatkan kekerasan permukaan. Dalam penelitian ini baja dikarburasi, yaitu baja dipanaskan diatas suhu austenisasi dalam lingkungan karbon. Karburasi menggunakan arang tempurung kelapa dan Na_2CO_3 sebagai katalisnya dengan waktu penahanan 5 jam pada temperatur 950°C dan dilanjutkan dengan proses pendinginan. Pendinginan dilakukan dengan tiga variasi cara pendinginan, yaitu, *direct quenching*, *single quenching*, dan *double quenching*. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian kekerasan mikro *Vickers* dan pengamatan struktur mikro. Hasil pengujian menunjukkan kekerasan pada *raw material* sebesar 374,1 HV. Pendinginan dengan metode *single quenching* setelah *carburizing* menunjukkan nilai kekerasan yang paling tinggi yaitu 860,7 HV, naik sebesar 130% dari *raw material*, kekerasan dengan metode *single quenching* 704,9 HV dan *double quenching* 514,4 HV. Walaupun nilai kenaikan kekerasan *double quenching* paling rendah dibanding *direct* dan *single quenching*, namun butiran-butiran yang dihasilkan oleh metode ini lebih halus karena proses berganda yang memungkinkan perbaikan struktur. Penggunaan jenis metode pendinginan dalam *carburizing* ini kita sesuaikan dengan sifat akhir material yang kita inginkan.

Kata kunci : *carburizing*, *direct quenching*, *single quenching*, *double quenching*, kekerasan

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Baja karbon medium sudah termasuk baja yang memiliki kekuatan tinggi dan ketangguhan yang baik sehingga *heat treatment* lanjutan terkadang tidak dibutuhkan lagi. Namun jika diperlukan sifat mekanik yang lebih tinggi, suatu perlakuan lanjutan dapat diberikan. Baja karbon medium banyak digunakan untuk komponen mesin seperti roda gigi dan poros. Penggunaan poros selain membutuhkan kekuatan dan ketangguhan yang baik, juga dibutuhkan kekerasan yang tinggi di permukaan poros, hal ini untuk meminimalisir keausan permukaan poros. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut, peningkatan kekerasan dapat dilakukan. Macam proses untuk peningkatan kekerasan permukaan secara termokimia antara lain karburasi, nitridasi, dan karbonitridasi.

Istiqlaliyah (2016) melakukan penelitian variasi media karburasi pada metode *pack carburizing*, yaitu arang kayu jati, arang tempurung kelapa dan grafit. Kekerasan permukaan tertinggi dengan rata-rata kedalaman karburasi terbesar didapat dengan penggunaan media arang tempurung kelapa, yaitu kedalaman sebesar $0,0133\mu$.

Bahtiar (2017) melakukan penelitian perbandingan kekerasan baja komersil yang dicarburizing dengan membedakan media *quenching*nya, yaitu karburasi *quenching* air, karburasi *quenching* oli, karburasi *quenching* air *tempering* dan karburasi *quenching* oli *tempering*. Hasil pengujian menunjukkan spesimen yang dikarburasi semuanya mengalami

kenaikan kekerasan yang sangat signifikan. Kenaikan kekerasan paling tinggi diperoleh pada karburasi *quenching* air, yaitu naik sekitar 136%.

Berdasarkan hal-hal diatas, pada penelitian ini peningkatan kekerasan permukaan dipilih dengan metode *pack carburizing* media arang tempurung kelapa dengan oli sebagai media pendingin. Untuk mendapatkan perbandingan peningkatan kekerasan, variasi pendinginan dilakukan setelah proses karburasi, yaitu dengan *direct quenching*, *single quenching* dan *double quenching*.

1.2. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk melihat perbandingan kekerasan dengan memvariasikan pendinginan setelah proses karburasi.

1.3. Batasan Masalah

Penelitian ini tidak meninjau perubahan sifat mekanik yang lain setelah pendinginan. Pendinginan dilakukan hanya bertujuan mendapatkan kekerasan yang tinggi.

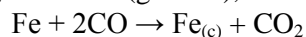
2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Baja Karbon Medium

Baja karbon sedang memiliki komposisi karbon antara 0,25 – 0,6 % dan dapat dikeraskan dengan perlakuan panas. Baja ini terdiri dari baja karbon medium biasa dan baja mampu keras. Penambahan unsur lain seperti Cr, Ni dan Mo lebih meningkatkan mampu kerasnya. Baja ini lebih kuat dari baja karbon rendah dan cocok untuk komponen mesin, roda kereta api, *gear*, *crankshaft* serta komponen struktur yang memerlukan kekuatan, ketahanan aus dan ketangguhan yang tinggi.

2.2. Carburizing

Carburizing adalah salah satu proses untuk meningkatkan kekerasan pada permukaan logam (surface treatment). Baja dipanaskan diatas suhu A1 (>723°C) dalam suasana lingkungan karbon (gas CO), sehingga terjadi reaksi (Anrinal, 2013):



dimana $\text{Fe}_{(c)}$ merupakan karbon yang terlarut dalam austenit di permukaan baja. Peningkatan kadar karbon disebabkan oleh pemanasan yang mengakibatkan terjadinya difusi karbon sampai kedalaman tertentu sesuai dengan keinginan dan selanjutnya didinginkan dengan cepat ke dalam air. Cara ini dapat meningkatkan komposisi karbon pada baja berkisar antara 0,3 – 0,9% (Beumer, 1980).

2.3. Pengujian Kekerasan

Kekerasan adalah ketahanan suatu material terhadap deformasi pada daerah lokal dan permukaan material (Schonmetz 1985). Penelitian ini menggunakan pengujian kekerasan *Vickers*. Uji kekerasan *Vickers* menggunakan indentor piramida intan yang pada dasarnya berbentuk bujur sangkar. Besar sudut antara permukaan piramida intan yang saling berhadapan adalah 136° dan beban yang diberikan 1-120 kg (Suherman 1987). Proses penekanan yang diakibatkan gaya tertentu, pada benda uji akan meninggalkan bekas injakan dari intan tersebut. Perhitungan uji kekerasan didasarkan pada panjang diagonal dari bekas injakan intan dan beban yang diberikan.

$$HV = \frac{P \cdot 2 \sin \frac{136^\circ}{2}}{d^2}$$

dimana :

P = beban tekanan yang diberikan

d = panjang diagonal bekas injakan (µm)

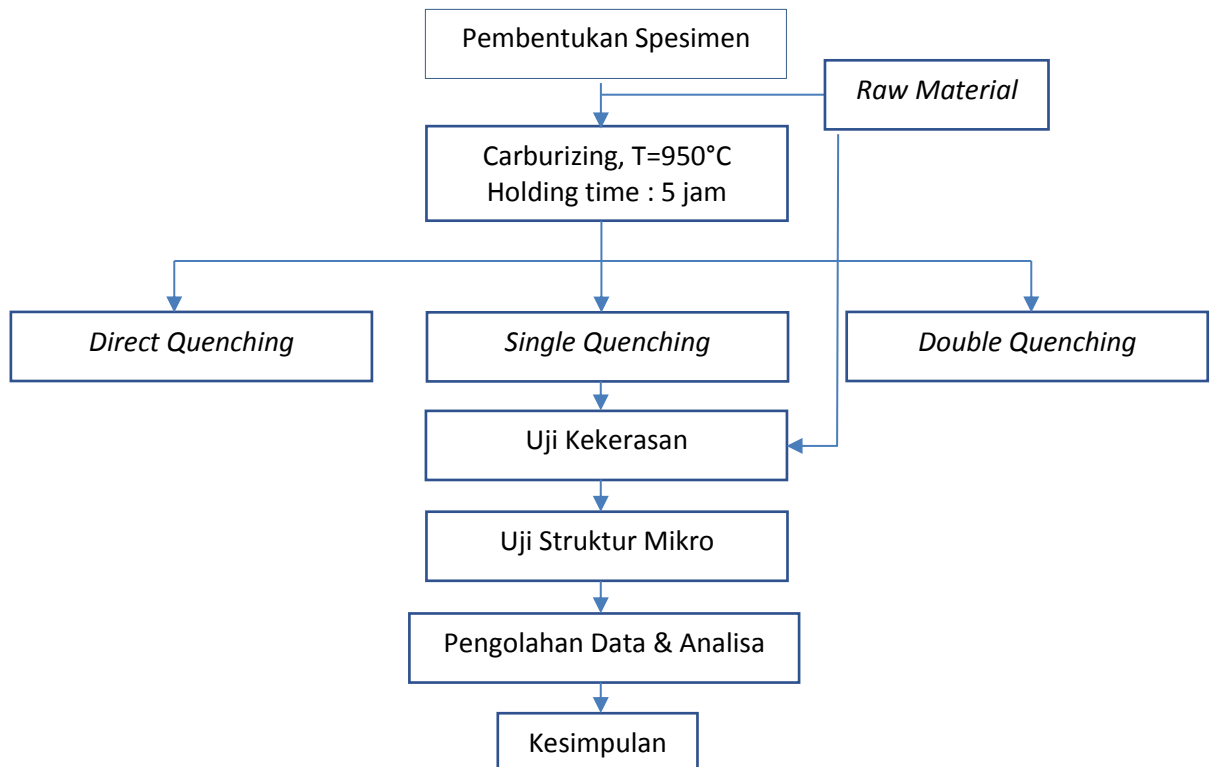
3. METODE PENELITIAN

3.1. Material dan Bahan Penunjang

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- Baja AISI 4340
- Natrium karbonat (Na_2CO_3) sebagai katalis
- Arang tempurung kelapa sebagai sumber unsur penambah karbon
- Oli SAE 20 sebagai media pendingin

3.2. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian

3.3. Persiapan Spesimen

Baja silinder dibentuk menjadi spesimen dengan ukuran diameter 20 mm dan tebal 10 mm. Spesimen disiapkan sebanyak 10 buah, dengan rincian 1 spesimen tanpa perlakuan, 3 spesimen untuk *carburizing* dengan *direct quenching*, 3 spesimen untuk *carburizing* dengan *single quenching* dan 3 spesimen untuk *carburizing* dengan *double quenching*. Komposisi kimia baja AISI 4340 ditunjukkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Komposisi Kimia Baja Karbon Medium AISI 4340

AISI 4340	Komposisi Kimia (%)			
	C	Cr	Ni	Mo
	0,30-0,38	1,30-1,70	1,30-1,70	0,15-0,30

3.4. Proses *Carburizing*

Tahapan untuk proses *carburizing* yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Mempersiapkan bubuk arang batok kelapa sebagai bahan karbon.
2. Media karbon sebagai unsur katalisator dicampur dengan natrium karbonat (Na_2CO_3) dengan perbandingan 7:3.
3. Persiapkan kotak sementasi yang sudah ditaburi campuran media karbon dan katalisator lalu letakan spesimen didalam kotak sementasi, atur jarak antara spesimen dan taburi lagi media campuran karbon dan katalisator sampai menutupi seluruh spesimen yang akan di *carburizing*.
4. Tutup kotak sementasi dan pastikan tidak ada celah karena untuk mencegah kebocoran gas yang akan terbentuk pada saat proses pemanasan.
5. Masukkan kotak sementasi kedalam tungku pemanas (oven).
6. Hidupkan tungku pemanas dan atur suhu pemanasan pada temperature 950°C dengan waktu penahanan 5 jam.
7. Setelah waktu penahanan telah tercapai, keluarkan spesimen dari tungku pemanas dan selanjutnya ke proses *quenching*.

3.5. Proses *Quenching*

Ada tiga jenis *quenching* yang dilakukan pada penelitian ini, yaitu :

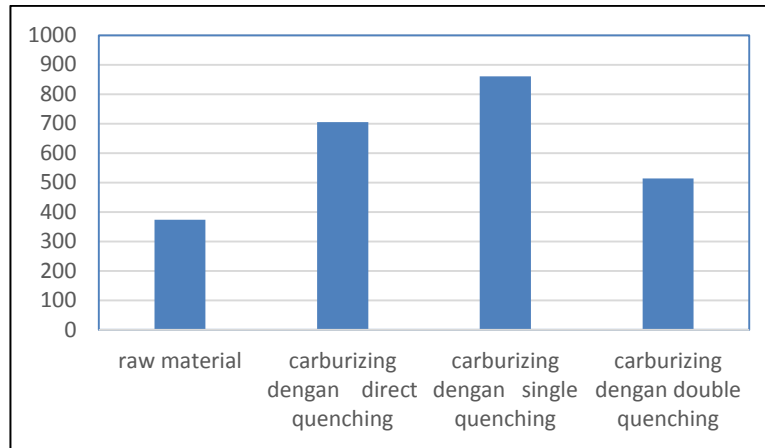
1. Pendinginan langsung (*Direct Quenching*)
Pendinginan cepat dengan mencelupkan langsung spesimen dalam media pendingin Oli SAE 20.
2. Pendinginan tunggal (*Single Quenching*)
 - a. Dinginkan spesimen dengan perlahan pada suhu kamar
 - b. Masukkan kembali spesimen kedalam tungku pemanas (oven) tanpa menggunakan kotak sementasi lalu panaskan kembali pada suhu 775°C dengan waktu penahanan ± 15 menit
 - c. Setelah waktu pemanasan telah tercapai keluarkan spesimen dari oven dan lakukan pendinginan cepat dengan Oli SAE 20
3. Pendinginan ganda (*Double Quenching*)
 - a. Dinginkan spesimen secara perlahan-lahan pada suhu kamar
 - b. Panaskan kembali spesimen kedalam oven pada suhu 925°C dengan waktu penahanan ± 15 menit
 - c. Dinginkan benda uji secara cepat dengan Oli SAE 20
 - d. Panaskan lagi benda uji pada suhu 775°C dengan waktu penahanan ± 15 menit
 - e. Dinginkan kembali benda uji pada suhu kamar

4. DATA & PEMBAHASAN

Pengujian kekerasan dengan metode *Vickers* berdasarkan standar ASTM E 384. Beban yang diberikan $F = 1\text{kgf}$ dengan indentasi selama 5 detik. Indentasi dilakukan pada 3 titik di permukaan setiap spesimen. Data hasil pengujian kekerasan ditunjukkan pada Tabel 4.1 dan Gambar 4.1.

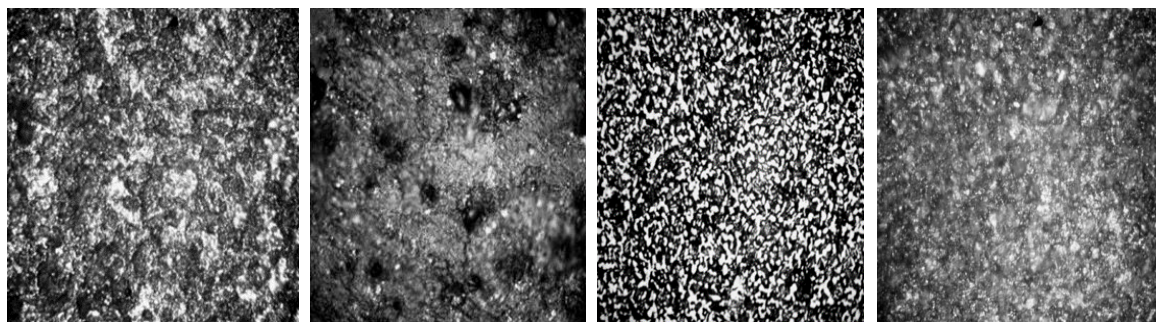
Tabel 4.1. Nilai Kekerasan *Vickers* (VHN)

	Spesimen			Rata-rata Kenaikan Kekerasan (%)
	1	2	3	
Non perlakuan (<i>Raw</i>)	376,2	372,7	373,3	-
<i>Direct Quenching</i>	708,1	624,8	782,0	88,4
<i>Single Quenching</i>	863,9	908,3	810,0	130
<i>Double Quenching</i>	438,5	572,4	532,4	37



Gambar 4.1. Nilai Rata-rata Kekerasan Permukaan Spesimen

Pengamatan struktur mikro bertujuan untuk mengetahui perubahan struktur atau fasa yang terjadi setelah spesimen mendapat perlakuan. Hasil foto memang tidak menunjukkan bentuk struktur yang jelas apabila pembesaran yang kurang tinggi, namun perubahan struktur dalam pengamatan ini dapat diprediksi berdasarkan hasil foto pada Gambar 4.2.



(a) (b) (c) (d)

Gambar 4.2. Struktur mikro pada (a) *raw material*, (b) *carburizing* dengan *direct quenching*, (c) *carburizing* dengan *single quenching*, (d) *carburizing* dengan *double quenching*

Struktur mikro pada *raw material* memperlihatkan adanya ferit dan perlit. Pada proses karburasi, fasa tersebut berubah menjadi fasa austenit ketika mencapai temperatur $>723^{\circ}\text{C}$. Setelah dikarburasi, spesimen didinginkan secara langsung ke dalam oli. Hal ini mengakibatkan struktur permukaan baja membentuk sementit dan perlit.

Pada proses karburasi dengan *single quenching*, fasa martensit pada *raw material* juga terurai menjadi fasa ferit dan perlit. Setelah perlakuan *single quenching*, ferit bertransformasi menjadi perlit dan juga terbentuk sementit karena atom besi (Fe) mengikat zat arang C. Foto struktur mikro menunjukkan, struktur sementit yang terbentuk lebih besar, menyebabkan kekerasan material makin tinggi, hal ini juga menunjukkan nilai kekerasan pada metode pendinginan *single quenching* paling tinggi mengalami kenaikan, yaitu 130%.

Nilai kenaikan kekerasan *double quenching* paling rendah dibanding *direct* dan *single quenching*, namun butiran-butiran yang dihasilkan oleh metode ini lebih halus karena proses berganda yang memungkinkan perbaikan struktur.

Struktur akhir yang terbentuk ferit dan perlit, dimana ferit ini terbentuk pada saat pendinginan akhir di udara dari fasa austenit ke perlit. Ferit memiliki sifat yg ulet, spesimen yang di *double quenching* ini dapat disimpulkan memiliki nilai kekerasan uji dengan nilai

keuletan yg baik. Struktur *martensit* juga terbentuk walaupun pada foto tidak terlihat karena kurangnya pembesaran, struktur *martensit* ini didapat pada proses pendinginan dengan media oli, penambahan struktur *martensit* tersebut tidak dapat dilihat pada diagram kesetimbangan (Fe-Fe₃C) melainkan dapat dilihat dari diagram *non* kesetimbangan yaitu diagram TTT.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Baja karbon medium yang *dicarburizing* akan mengalami penambahan karbon karena adanya proses difusi. Nilai kekerasan pada *raw material* sebesar 374,1 HV. Pendinginan dengan metode *single quenching* setelah *carburizing* menunjukkan nilai kekerasan yang paling tinggi yaitu 860,7 HV, *direct quenching* 704,9 HV dan *double quenching* 514,4 HV.

5.2. Saran

Pengujian impact pada penelitian selanjutnya dapat ditambahkan untuk melihat perbandingan nilai ketangguhan pada baja yang telah mengalami peningkatan kekerasan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anrinal, 2013, *Metalurgi Fisik*, Penerbit ANDI, Yogyakarta
- Bahtiar dkk, 2017, *Analisa Kekerasan dan Struktur Mikro pada Baja Komersil yang Mendapatkan Proses Pack Carburizing dengan Cangkang Kelapa Sawit*, Jurnal Mekanikal, Vol.8 No.1, hal. 686-696
- Beumer, B.J.M, 1980, *Pengetahuan Bahan*, Bhatara Karya Aksara, Jilid 3, Jakarta
- Istiqlaliyah dkk, 2016, *Pengaruh Variasi Media Karburasi terhadap Kekerasan dan Kedalaman Difusi Karbon pada baja ST 42*, Seminar Nasional Inovasi & Aplikasi Teknologi di Industri (SENIATI), Malang, hal. A138-A142
- Noernan, S, 2018, *Perbandingan Nilai Kekerasan Baja AISI 4340 terhadap Variasi Pendinginan pada Proses Carburizing*, Skripsi, Universitas IBA Palembang
- Schonmetz & Gruber, 1985, *Pengetahuan Bahan dalam Pengerjaan Logam*, Penerbit Angkasa, Bandung
- Suherman, Wahid, 1987, *Pengetahuan Bahan Teknik Mesin*, Fakultas Teknologi Industri, ITS Surabaya