

ANALISA KEKERASAN PADA PISAU BERBAHAN BAJA KARBON MENENGAH HASIL PROSES *HARDENING* DENGAN MEDIA PENDINGIN YANG BERBEDA

Oleh:

Prihanto Trihutomo

Dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Malang

E-mail: prihantotrihutomo@gmail.com

Abstrak: Proses *hardening* adalah proses perlakuan panas yang diterapkan untuk menghasilkan benda kerja yang keras. Proses ini dilakukan dengan cara pemanasan baja sampai temperatur austenisasi dan menahannya pada temperatur tersebut untuk jangka waktu tertentu dan kemudian didinginkan dengan laju pendinginan yang sangat tinggi. Proses *hardening* yang diterapkan pada pembuatan pisau pemotong bertujuan untuk memperoleh pisau pemotong dengan tingkat kekerasan yang tinggi. Penggunaan media pendingin yang berbeda pada proses pembuatan pisau bertujuan untuk memperoleh kekerasan yang tinggi dengan tingkat kegetasan yang rendah. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa kekerasan pada pisau berbahan baja karbon menengah hasil dari proses *hardening* dengan menggunakan media pendingin yang berbeda. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental. Bahan pisau yang terbuat dari baja karbon menengah, diberikan perlakuan *hardening* pada temperatur 800°C dengan lama waktu pemanasan selama 30 menit. Kemudian dilakukan pendinginan dengan menggunakan media pendingin yang berbeda yaitu air, air garam, oli dan udara. Selanjutnya dilakukan pengujian kekerasan dengan mesin uji kekerasan *MicroVickers*. Hasil analisa data menunjukkan bahwa pisau yang menggunakan media pendingin air memiliki nilai rata-rata kekerasan 652,64 HV, pisau yang menggunakan media pendingin air garam rata-rata nilai kekerasannya 836,56 HV, pisau yang menggunakan media pendingin oli mempunyai nilai rata-rata kekerasan 600 HV dan pisau yang menggunakan media pendingin udara memiliki rata-rata nilai kekerasan 335,44 HV. Dari analisa data didapat kesimpulan bahwa proses pembuatan pisau menggunakan media pendingin oli adalah yang terbaik karena menghasilkan pisau dengan tingkat kekerasan yang cukup tinggi disertai dengan tingkat keuletan yang baik sehingga tidak getas.

Kata Kunci : *hardening*, media pendingin, kekerasan

Di masa kini industri pembuatan pisau pemotong berkembang cukup pesat, hal ini disebabkan oleh beberapa aspek yang mendukungnya terutama teknologi proses dan teknologi material. Peningkatan mutu produk pisau pemotong dihasilkan dengan cara memperbaiki sifat-sifat fisik dan mekanik dari bahan pisau tersebut. Proses perlakuan panas yang tepat pada logam sangatlah bermanfaat untuk memperbaiki sifat-sifat dari bahan pisau pemotong.

Di samping pembuatan pisau pemotong secara modern melalui industri-industri besar, juga terdapat pembuatan pisau pemotong secara tradisional melalui industri rumahan pande besi. Dalam membuat alat-alat yang dipesan konsumen, industri rumahan pande besi menggunakan peralatan yang sederhana. Pengetahuan yang digunakan dalam pembuatan peralatan berdasarkan ilmu yang didapat secara turun temurun. Dalam proses pembuatan peralatan, industri

rumahan pande besi menggunakan cara pengerasan *hardening* dengan pendinginan benda kerja yang selalu menggunakan air sebagai media pendingin.

Semakin lama masyarakat pengguna peralatan yang dihasilkan industri rumahan pande besi merasakan bahwa peralatan yang dihasilkan tersebut relatif getas, sehingga masyarakat semakin banyak yang beralih ke peralatan yang di produksi oleh industri-industri besar. Pada proses pembuatan benda kerjanya pun sering ditemui masalah yaitu saat pendinginan benda kerja setelah proses pemanasan sering terjadi keretakan pada benda kerja yang dihasilkan. Muncul dugaan bahwa kegetasan dan keretakan yang terdapat pada peralatan yang dihasilkan disebabkan karena hanya air yang digunakan sebagai media pendingin setelah dilakukannya proses perlakuan panas. Padahal masih banyak alternatif penggunaan media pendingin untuk mendapatkan produk yang unggul sesuai yang diinginkan.

Proses perlakuan panas bertujuan untuk memperoleh logam yang keras, lunak, ulet, meningkatkan mampu mesin, menghilangkan tegangan sisa. Perlakuan panas yang dilakukan kadang sering diasosiasikan sebagai cara untuk menaikkan kekerasan material, sebenarnya dapat digunakan untuk mengubah sifat tertentu yang berguna atau dengan tujuan tertentu untuk kepentingan manufakturnya, seperti: menaikkan sifat *machining*, menaikkan sifat mudah dibentuk, mengembalikan elastisitas setelah proses *cold work*. Bahkan perlakuan panas bukan hanya sebagai penolong sifat manufaktur, tetapi juga dapat meningkatkan performa material dengan meningkatnya kekuatan atau karakteristik tertentu dari material yang telah diproses laku panas (Beumer, 1985).

Perlakuan panas *hardening* adalah salah satu proses untuk mengubah struktur logam dengan jalan memanaskan benda kerja dalam *furnace* (tungku) pada temperatur yang ditentukan selama periode waktu tertentu kemudian didinginkan secara cepat dengan media pendingin seperti air, air garam, oli dan solar yang masing-masing mempunyai kerapatan pendinginan yang berbeda-beda. Perlakuan panas *hardening* adalah proses kombinasi antara proses pemanasan dan pendinginan dari suatu logam atau paduannya dalam keadaan padat untuk mendapatkan sifat-sifat tertentu (Avner, 1987).

Kekerasan benda kerja hasil proses *hardening* tergantung pada temperatur pemanasan, lama waktu pemanasan, laju pendinginan, komposisi kimia, kondisi permukaan, ukuran dan berat benda kerja (Mubarok, Fahmi, 2008).

Proses *quenching* adalah pendinginan secara cepat berupa pencelupan baja yang telah berada pada temperatur pengerasannya pada udara, air, air garam dan oli sebagai media pendingin. Kemampuan suatu jenis media dalam mendinginkan spesimen bisa berbeda-beda, semakin cepat logam didinginkan maka akan semakin keras sifat logam tersebut.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa kekerasan pada pisau berbahan baja karbon menengah hasil proses *hardening* dengan media pendingin yang berbeda, agar didapatkan spesimen yang memiliki tingkat kekerasan yang cukup tinggi tetapi tidak getas.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen. Untuk menganalisa nilai kekerasan pada

pisau berbahan baja karbon menengah hasil proses tempa (*hardening*) dengan media pendingin yang berbeda.

Material yang digunakan pada pembuatan pisau adalah baja per daun truk bekas yaitu baja yang mempunyai kemampuan pegas tinggi. Untuk baja jenis ini mempunyai kandungan karbon sekitar 0,50% sampai 0,65% termasuk jenis baja 5160. Baja dari per daun tersebut setelah dilakukan uji komposisi menggunakan SEM-EDAX menunjukkan kandungan karbon sebesar 7,52%wt atau sama dengan 0,62%C berarti termasuk baja karbon menengah,

dengan paduan Cr (Kromium) dengan kadar 1,09%wt yang menunjukkan baja paduan rendah (*Low Alloy Steel*). Baja paduan rendah merupakan baja paduan yang elemennya kurang dari 2,5%wt misalnya unsur Cr, Mn, Ni, P dan lain-lain.

Spesimen untuk penelitian dibuat berbentuk pisau. Jumlah spesimen yang digunakan yaitu 4 spesimen yang didinginkan dengan 4 variasi media pendingin (air sumur, larutan garam, oli, udara) dengan uji 5 titik pada setiap spesimen.

Lembar pengamatan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Lembar Pengamatan Pengujian Kekerasan

| No. | Media Pendingin Pisau | Nilai Kekerasan <i>Vickers</i> (HV) | | | | | Rata-rata |
|-----|-------------------------------|-------------------------------------|---|---|---|---|-----------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| 1 | Media pendingin air | | | | | | |
| 2 | Media pendingin larutan garam | | | | | | |
| 3 | Media pendingin oli | | | | | | |
| 4 | Media pendingin udara | | | | | | |

Tempat yang digunakan untuk penelitian adalah: 1) Proses pembuatan pisau di bengkel pande besi; 2) Pengujian kekerasan *Micro Vickers* dilaksanakan di Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya Malang.

Tahapan penelitian yaitu pembentukan spesimen, proses penempaan (*hardening*), pendinginan dengan air, garam, oli, udara dan dilanjutkan dengan pengujian kekerasan spesimen. Baja per daun bekas yang merupakan baja karbon menengah dipanaskan kemudian dipotong dengan pemotong baja lalu dibentuk menjadi model awal pisau. Proses penempaan (*hardening*), pada tahap ini model awal pisau mulai ditempa menjadi bentuk pisau yang sudah jadi.

Selanjutnya pisau yang telah mengalami proses tempa dicelupkan ke media pendingin air sumur, air yang ditambahkan garam 10% dan oli. Dan juga ada pisau hasil tempa yang didinginkan dengan udara.

Setelah proses pendinginan, kemudian dilakukan pengujian kekerasan terhadap spesimen Data yang didapat kemudian dianalisis untuk mendapatkan kesimpulan dari penelitian ini. Pengujian kekerasan bertujuan untuk mengetahui sejauh mana tingkat kekerasan baja ini akibat proses tempa (*hardening*). Setelah spesimen selesai diproses, dibersihkan kemudian dilakukan pengujian kekerasan pada masing-masing spesimen dengan menggunakan *Vickers Hardness Tester*, dengan beban 100kg. Alat pengujian ini

dapat memberikan hasil berupa kekerasan yang kontinu untuk suatu bahan tertentu dan digunakan pada logam yang sangat lunak yaitu 5 HV hingga logam yang sangat keras dengan 1500 HV tanpa perlu mengganti gaya tekan.

Rumus mencari kekerasan *Vickers* (HV)

$$HV = 1,854 \frac{P}{L^2} \quad (\text{Surdia, Tata. 1985})$$

dengan : HV = kekerasan Vickers

P = gaya tekan

L = diagonal tapak

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Pada penelitian ini pengujian kekerasan dilakukan dengan metode *Vickers Hardness* dengan pembebanan 100kg. Dari pengujian tersebut didapat data-data seperti pada tabel berikut.

Tabel 2. Data Nilai Kekerasan Pisau dengan Media Pendingin Air

| No. | Media Pendingin | Nilai Kekerasan <i>Vickers</i> (HV) | | | | | Rata-rata |
|-----|-----------------|-------------------------------------|-----|-----|-------|-----|-----------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| 1 | Air Sumur | 661 | 681 | 661 | 623,2 | 637 | 652,64 |

Tabel 3. Data Nilai Kekerasan Pisau dengan Media Pendingin Air Garam

| No. | Media Pendingin | Nilai Kekerasan <i>Vickers</i> (HV) | | | | | Rata-rata |
|-----|-----------------|-------------------------------------|-----|-----|-------|-------|-----------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| 1 | Air Garam | 831,1 | 804 | 882 | 859,6 | 946,1 | 836,56 |

Tabel 4. Data Nilai Kekerasan Pisau dengan Media Pendingin Oli

| No. | Media Pendingin | Nilai Kekerasan <i>Vickers</i> (HV) | | | | | Rata-rata |
|-----|-----------------|-------------------------------------|-------|-------|-----|-----|-----------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| 1 | Oli | 556,8 | 623,2 | 560,6 | 637 | 623 | 600 |

Tabel 5. Data Nilai Kekerasan Pisau dengan Media Pendingin Udara

| No. | Media Pendingin | Nilai Kekerasan <i>Vickers</i> (HV) | | | | | Rata-rata |
|-----|-----------------|-------------------------------------|-------|-------|-------|-----|-----------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| 1 | Udara | 339,4 | 335,8 | 328,8 | 341,2 | 332 | 335,44 |

Tabel 6. Data Nilai Rata-rata Berbagai Media Pendingin

| No. | Media Pendingin | Rata-rata Kekerasan (HV) |
|-----|-----------------|--------------------------|
| 1. | Air Sumur | 652,64 |
| 2. | Air Garam | 836,56 |
| 3. | Oli | 600 |
| 4. | Udara | 335,44 |

Dari Tabel 6 diketahui bahwa nilai kekerasan rata-rata spesimen dengan media pendingin air sumur adalah 652,64 HV. Kemudian pada Tabel 6 tampak bahwa nilai kekerasan rata-rata spesimen yang menggunakan media pendingin air garam yaitu 836,56 HV. Sedangkan pada Tabel 6 pula dapat diketahui bahwa nilai kekerasan rata-rata spesimen yang menggunakan media pendingin oli adalah 600 HV. Selanjutnya dari tabel 6 diketahui bahwa nilai kekerasan rata-rata spesimen yang menggunakan media pendingin udara yaitu 335,44 HV.

Pembahasan

Pengukuran *Vickers* dengan penekanan intan berbentuk piramida lurus dengan alas bujur sangkar dan sudut puncak 136° (Dieter, 1996), ditekan ke dalam bahan dengan gaya tertentu selama waktu tertentu. Kekerasan *Vickers* diperoleh dengan membagi gaya pada luas bekas tekanan yang berbentuk piramida. Dan dapat langsung dibaca di monitor mesin *MicroVickers* (Beumer, 1995).

Nilai rata-rata kekerasan pisau menggunakan media pendingin air yaitu 652,64 HV, menggunakan media pendingin air garam 836,56 HV, menggunakan oli 600 HV dan yang menggunakan udara 335,44 HV. Hal ini membuktikan bahwa adanya pengaruh media pendingin terhadap hasil kekerasan pisau.

Dalam suatu proses laku panas, setelah pemanasan mencapai temperatur yang ditentukan dan diberi *holding time* secukupnya maka dilakukan pendinginan dengan laju tertentu maka sifat mekanik yang terjadi setelah pendinginan akan tergantung pada laju pendinginan (Suherman, 1988).

Hasil penelitian yang didapat didukung oleh hasil penelitian yang dilakukan

oleh Rizal (2005), yaitu tingkat kekerasan hasil perlakuan panas tertinggi dicapai pada media pendingin larutan garam dibandingkan dengan menggunakan air, tergantung pada banyaknya kadar garam yang terlarut pada suatu larutan. Semakin banyak kadar garam dalam suatu larutan maka tingkat kekerasan yang dicapai semakin tinggi pula. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penggunaan media pendingin larutan garam akan menghasilkan nilai kekerasan pisau yang lebih tinggi daripada menggunakan media pendingin air.

Seperti diketahui bahwa hal yang sangat mempengaruhi hasil kekerasan adalah viskositas (kekentalan) dan densitas (massa jenis) dari media pendingin yang digunakan.

Viskositas merupakan tingkat kekentalan yang dimiliki suatu fluida. Semakin tinggi angka viskositasnya, maka semakin lambat laju pendinginannya. Misalnya pada oli atau air garam, dimana air garam memiliki tingkat viskositas yang lebih rendah, namun massa jenisnya tinggi sehingga laju pendinginannya lebih cepat dibandingkan oli yang memiliki tingkat viskositas yang tinggi sehingga panas sulit menguap dengan cepat sehingga laju pendinginannya lambat.

Densitas merupakan massa jenis yang dimiliki media pendingin (fluida). Semakin tinggi densitas yang dimiliki suatu media pendingin maka semakin cepat laju pendinginannya.

Berikut nilai viskositas dan densitas dari media pendingin yang digunakan (Streeter, 1992):

1. Air Garam ($\rho = 1025 \text{ kg/m}^3$, $\nu = 1,01 \text{ Pa.s}$)

Air garam memiliki viskositas yang rendah sehingga laju pendinginannya cepat. Massa jenisnya juga lebih besar diban-

dingkan dengan media pendingin lain seperti air, solar, oli dan udara.

2. Air ($\rho = 998 \text{ kg/m}^3$, $\nu = 1,01 \text{ Pa.s}$)
Air memiliki massa jenis yang besar tetapi lebih kecil dari air garam, kekentalannya rendah, sama dengan air garam, tetapi laju pendinginannya lebih lambat dari air garam.
3. Oli ($\rho = 981 \text{ kg/m}^3$, $\nu = 4,02 \text{ Pa.s}$)
Oli memiliki viskositas atau kekentalan yang tinggi dibandingkan media pendingin lainnya dan massa jenis yang rendah sehingga laju pendinginannya lambat.
4. Udara ($\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$, $\nu = 0,00001,75 \text{ Pa.s}$)
Udara memiliki massa jenis dan viskositas yang sangat kecil sehingga laju pendinginannya sangat lambat.

Menurut Azizah (2012) mengenai media pendingin, yaitu :

1. Pendinginan dengan air
Air secara umum digunakan dalam pendinginan dengan karakteristik yang ideal, karena proses pendinginan dengan air berlangsung dengan cepat. Ini akan berpengaruh terhadap salah satu sifat logam yang ingin diperoleh, yaitu sifat kekerasan logam. Semakin cepat proses pendinginan maksimal kekerasan juga semakin meningkat. Akan tetapi diikuti juga kecenderungan terjadinya kerusakan (distorsi) yang berlebihan.
2. Pendinginan dengan minyak
Pendinginan dengan minyak berlangsung lebih lambat jika dibandingkan dengan pendinginan menggunakan media air. Sehingga kecenderungan terjadinya kerusakan minimum.

Dari pernyataan diatas dapat diambil kesimpulan bahwa media pendingin yang terbaik untuk pembuatan pisau adalah oli. Karena oli memiliki nilai kekerasan 600 HV

yang mendekati nilai kekerasan air yaitu 652,64 HV, tetapi memiliki keunggulan kecenderungan kerusakan yang minimum dibandingkan dengan air.

Jika oli dibandingkan dengan air garam, menurut hasil uji kekerasan *Vickers*, air garam memiliki nilai rerata kekerasan tertinggi yaitu 836,56 HV akan tetapi memiliki kecenderungan kerusakan yang sangat besar sehingga jika digunakan dalam pembuatan pisau, pisau akan mudah retak. Hal ini disebabkan nilai massa jenis dan viskositas air garam yang tinggi yaitu $\rho=1025 \text{ kg/m}^3$, $\nu = 1,01 \text{ Pa.s}$. Untuk udara yang memiliki massa jenis dan viskositas yang sangat kecil, jika digunakan sebagai media pendingin ini bisa dikatakan buruk dalam proses pembuatan pisau karena menghasilkan nilai rerata kekerasan yang terlalu rendah yaitu 335,44 HV. Nilai kekerasan yang rendah menyebabkan pisau tidak tajam dalam penggunaannya sehari-hari. Jika disederhanakan lagi dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\text{Udara} < \text{Air Garam} < \text{Air} < \text{Oli}$$

Jadi untuk media pendingin yang terbaik untuk pembuatan pisau adalah oli. Sedangkan media pendingin yang buruk untuk pembuatan pisau adalah udara karena memiliki angka kekerasan yang paling rendah.

PENUTUP

Kesimpulan

Rerata kekerasan pisau yang didinginkan dengan media pendingin yang berbeda-beda adalah sebagai berikut. Air sumur memiliki rerata nilai kekerasan 652,64 HV, air garam memiliki rerata nilai kekerasan 836,56 HV, oli memiliki rerata nilai kekerasan 600 HV, udara memiliki rerata nilai kekerasan 335,44 HV.

Adanya perbedaan hasil kekerasan dari penggunaan media pendingin yang berbeda yaitu air sumur, air garam, oli dan udara. Media pendingin oli merupakan media pendingin yang paling baik untuk digunakan dalam pembuatan pisau pemotong karena menghasilkan tingkat kekerasan yang tinggi dan tingkat kegetasan yang rendah pada pisau pemotong.

DAFTAR PUSTAKA

- Avner. 1987. *Introduction to Physical Metallurgy*, 2nded. New York: Mc. Graw-Hill Book Company,
- Azizah, Y. 2012. *Pengaruh Kadar Garam Dapur (NaCl) Dalam Media Pendingin Terhadap Tingkat Kekerasan Pada Proses Pengerasan Baja St.60*
- Beumer. 1985. *Ilmu Bahan Logam Jilid II*. Jakarta: Bharata Karya Aksara
- Dieter. 1996. *Metalurgi Mekanik*. Jakarta: Erlangga
- Mubarok, Fahmi. 2008. *Metallurgy I*. Laboratorium Metalurgi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
- Smallman dan Bishop. 1999. *Metalurgi Fisik Modern dan Rekayasa Material*
- Streeter. 1992. *Fluid Mechanics*, McGraw Hill, New York
- Suherman. 1988. *Ilmu Logam III*. Surabaya: Teknik Mesin Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Surdia. Tata. 1985. *Teknik Pengecoran Logam*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita
- Rizal, Taufan. 2005. *Pengaruh Kadar Garam Dapur (NaCl) dalam Media Pendingin Terhadap Tingkat Kekerasan Pada Proses Pengecoran Baja V-155*

Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan perlakuan panas yang lain pada pisau hasil proses tempa agar didapatkan pisau yang lebih baik.

Pengujian yang berbeda dapat diterapkan pada pisau hasil proses tempa agar didapatkan data-data yang akurat untuk memperbaiki kekurangan yang terdapat pada pisau hasil tempa.