

EFEK PERLAKUAN PANAS TERHADAP RETAKAN PADA BAHAN AISI 1045

Akhyar Ibrahim

Lab. Material Teknik Mesin Politeknik Negeri Lhokseumawe

E-mail: akhyaris@yahoo.com

Baja SAE/AISI 1045 merupakan salah satu jenis baja karbon yang banyak dimanfaatkan untuk berbagai komponen dan konstruksi mesin. Namun demikian, dalam kondisi operasi dan konstruksi baja AISI 1045 seringkali terjadi kegagalan, akibat retakan yang timbul pada proses pengecoran, pabrikan dan atau perlakuan panas. Karena itu, tujuan penelitian ini adalah untuk menemukan pengaruh hardening dan tempering terhadap kekerasan dan struktur mikro, dan retakan. Data penelitian ini dikumpulkan melalui studi kepustakaan dan uji laboratorium, kemudian dianalisis dengan menggunakan metode deskriptif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa (1) makin tinggi suhu pemanasan, makin tinggi harga kekerasan, (2) makin tinggi waktu penahanan, makin tinggi harga kekerasan, kecuali pada suhu 1000°C ketika waktu penahanan tinggi, harga kekerasan turun, (3) Hasil analisis struktur mikro dan makro menunjukkan bahwa makin tinggi suhu pemanasan makin tinggi retak quench, dan makin tinggi waktu penahanan makin tinggi juga retak quench, dengan jenis patah antar-batas-butir (intergranular), dan (4) makin tinggi suhu pemanasan makin tebal lapisan dekarburasi setelah hardening bahan tersebut.

Kata kunci: AISI 1045, hardening, tempering, kekerasan, retak

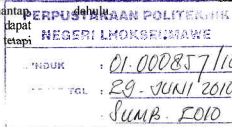
PENDAHULUAN

Besi murni tidak cocok digunakan sebagai material struktur. Karena besi murni lemah, lunak, sangat ulet dan tidak memberi reaksi terhadap perlakuan panas secara signifikan. Baja, secara mendasar merupakan paduan besi dengan karbon dan sejumlah kecil persentase unsur-unsur paduan yang lain, dapat dilakukan perlakuan panas meliputi jarak (range) yang lebar kekuatan, ketangguhan dan keuletannya. Karbon merupakan unsur yang sangat penting dalam paduan yang sangat berpengaruh pada sifat-sifat mekanik baja dan banyak perlakuan panas baja didasarkan terutama untuk mengendalikan distribusi karbon.

Pemaduan memberikan dasar untuk dapat dilakukan perlakuan panas baja. Sementara besi adalah elemen utama dalam baja, karbon adalah elemen paduan yang sangat penting dalam rangka meningkatkan penguatannya pada besi. Sejumlah kecil karbon yang diberikan, misalnya, sebesar 0.80 - 0.90 w%, maka baja akan meningkatkan kekuatan dan kekerasannya dengan mantap. Kenaikan sampai 4,5% karbon dapat dihadirkan dalam baja karbon biasa,

kekuatan dan mampu-bentuk memburuk dan hal ini menanggung karakteristik besi cor [1].

Baja karbon medium AISI/SAE 1045 merupakan salah satu baja yang memenuhi kriteria karakteristik tersebut di atas. Baja AISI 1045 ini sering dipakai sebagai poros, baut, poros engkol, connecting rod, tabung hidrolik, pin, rol, spindel, dan lain-lain memerlukan kekuatan yang lebih tinggi daripada XCQ atau grade yang sama dengannya. Dewasa ini, AISI 1045 diperdagangkan dengan mampu-mesin melalui perlakuan injeksi kalsium. Baja karbon medium ini dapat dianil pada 800°C - 850°C dengan pendinginan dapur, di-hardening pada 820°C - 860°C kemudian di-quench dalam minyak atau air, dan apabila dilanjutkan proses temper dapat dilakukan pada suhu 400°C - 680°C dengan pendinginan dalam udara. Namun demikian, apabila dilakukan tempering pada 150°C - 200°C akan menurunkan tegangan, dalam hal meminimalkan pengaruh pada kekerasannya. Untuk menjamin hasil terbaik, semua bahan permukaan spesimen dekarburisasi harus dihilangkan terlebih dahulu.



Adapun tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui: (1) pengaruh suhu pemanasan dan waktu penahanan terhadap kekerasan dan retakan; dan (2) ketebalan lapisan dekarburisasi setelah mendapatkan struktur martensit dan menghilangkan retakan.

Pengaruh deposit nikel-fosfor terhadap sifat-sifat korosi-lelah pada baja AISI 1045 yang di-quench dan di-temper telah dipelajari oleh [2]. Hal ini telah dilaporkan bahwa tidak ada perbedaan substansi yang ditemukan antara umur leleh dari spesimen yang di-coating dan tanpa-coating. Perlakuan panas lanjut (post heat treatment) pada lapisan deposit dalam penelitian lebih lanjut [3] telah menurunkan secara nyata umur fatik dari material induk yang sama.

Bahkan untuk baja AISI 4140 yang memiliki kandungan karbon lebih tinggi daripada AISI 1045 pun berdasarkan penelitian yang telah dilakukan [4], proses tempering dapat mengubah struktur mikro baja AISI 4140, dengan berubahnya struktur mikro maka sifat mekanisnya juga akan mengalami perubahan secara nyata.

Transformasi antara bentuk besi BCC (ferit) dan besi FCC (austenit) selama proses pemanasan dan pendinginan adalah bertanggungjawab utama bagi struktur mikro dan sifat-sifat mekanik baja. Transformasi ini telah dipelajari secara rinci selama beberapa dekade untuk menentukan proses perlakuan termal-mekanik yang optimum dengan berbagai variasi baja [5]. Di samping itu, laju transformasi baik baja yang dikendalikan difusi karbon maupun yang dipengaruhi oleh fraksi relatif perlit dalam permulaan struktur mikro dan mulai ukuran butiran baja. Makin tinggi fraksi perlit dalam struktur mikro baja AISI 1045, menghasilkan laju transformasi awalnya yang tinggi, tetapi ukuran butirannya sangat besar, dikombinasikan dengan tambahan besar ferit alotriomorfik, dihasilkan waktu transformasi totalnya yang lebih lama [6].

Pelapisan elektrodes nikel yang dilakukan pada baja AISI 1045 dengan dan tanpa post-heat treatment dan uji erosi kapitasi telah pula dilakukan [7], dan ternyata bahwa lapisan tipis

(film) nikel elektrodes dengan PHT dapat meningkatkan tahanan kapitasi dalam lingkungan non-korosif. Hal ini karena kekerasan film dan adhesi ditingkatkan setelah PHT. Dalam lingkungan korosif, dilapisi dengan spesimen PHT dapat meningkatkan sifat anti-korosi nikel elektrodes.

Kajian retak fatik pada poros bahan AISI 1045 dengan beban dinamik rotasi lentur pada amplitudo tegangan konstan [8]. Hasil percobaan dan simulasi menunjukkan bahwa retak dengan geometri semi-eliptik akan cenderung berubah secara gradual menjadi retak dengan geometri bulat pada akhir penjarangan retak.

METODE PENELITIAN

Bahan Penelitian

Bahan penelitian ini digunakan AISI 1045 yang merupakan baja karbon sedang yang terkenal memiliki mampu-tempa yang terbaik, mampu-mesin sedang, dan memberi respon yang baik terhadap perlakuan panas. Kekerasan setelah quench yang lebih besar daripada 55 HRC. Kekuatan tarik dari 98 (HR) sampai 120 (WQ) ksi, perpanjangan dari 24% sampai 18%. Sejumlah bahan kimia HNO_3 dan alkohol juga dipakai sebagai reagent etsa

Peralatan Penelitian

Dalam penelitian ini digunakan mesin gergaji, universal tensile testing machine, atomic mass spectrometry, deco microhardness tester, dan metalografi.

Cara penelitian

Baja AISI 1045 dalam bentuk batang silindrik dengan diameter 20 mm dipotong dengan mesin gergaji untuk dibuat spesimen-spesimen penelitian. Untuk mendapat data awal, dilakukan pemeriksaan komposisi kimia, uji tarik, dan uji kekerasan pada logam batang silindrik induk. Kemudian, dilakukan proses hardening pada spesimen uji dengan tujuan untuk menaikkan kekerasan logam. Pada proses hardening ini spesimen mengalami dua kali proses yaitu proses pemanasan dan setelah itu dilakukan proses quenching dengan

menggunakan media air. Pada proses ini spesimen dipanaskan sampai suhu 850°C dan ditahan selama 30 menit. Tempering adalah pemanasan kembali spesimen uji yang sudah dilakukan proses hardening. Hal ini bertujuan untuk menurunkan kekerasan dan menaikkan keuletan spesimen. Pada proses ini spesimen dipanaskan kembali dengan variasi suhu, yaitu 900°C, 950°C dan 1000°C, kemudian ditahan dengan variasi waktu penahanan selama 60 menit, 120 menit dan 180 menit. Setelah proses hardening dan tempering, dilakukan uji kekerasan dan pemeriksaan metalografi berdasarkan prosedur Van der Vorff [9].

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

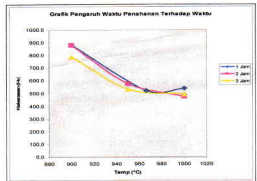
Pemeriksaan Spektrometri

Berdasarkan komposisi kimia standar AISI 1045 dan diperbandingkan dengan komposisi kimia aktual logam dasar yang diambil pada permukaan luarnya saja dengan menggunakan *mass atomic spectrometry*, diperoleh data-data seperti diberikan dalam Tabel 1 di bawah ini.

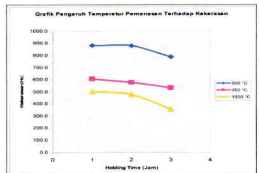
UNSUR	Standar AISI 1045 (%W)	Hasil Spektro (%W)
C	0.42 - 0.50	0.54
Si	0.15 - 0.30	0.40
Mn	0.50 - 1.00	0.70
P	0.04 Max	-
S	0.05 Max	0.03
Cr	-	0.11
Ni	-	0.23
Mo	-	0.06
Fe	Sisa	Sisa

Pengujian Kekerasan

Hasil pengujian kekerasan terhadap sampel awal (based material), sebelum diberi perlakuan panas, diperoleh nilai kekerasan rata-rata sebesar 290 HV. Setelah perlakuan panas dengan variasi suhu pemanasan dan waktu penahanan tertentu, diperoleh hasil pengujian kekerasan dapat diturunkan dalam Gambar (1) dan Gambar (2).



Gambar 1. Kurva kekerasan vs suhu untuk waktu penahanan 60 menit, 120 menit dan 180 menit



Gambar 2. Kurva kekerasan vs waktu penahanan untuk suhu pemanasan 900°C, 950°C dan 1000°C

Pada Gambar (1) menunjukkan bahwa pada suhu penahanan 900°C, 950°C dan 1000°C diperoleh harga kekerasan rata-rata masing-masing sebesar 849,27 HV, 570 HV, dan 444 HV. Hal ini bermakna bahwa waktu penahanan makin tinggi pula harga kekerasan.

Gambar (2) menunjukkan bahwa semakin tinggi waktu penahanan akan semakin tinggi pula harga kekerasan, kecuali pada suhu 1000°C yang ternyata bahwa waktu penahanan yang tinggi akan menurunkan harga kekerasannya. Harga-harga kekerasan temuan tersebut sesuai dengan temuan Bain dan Paxton seperti dikutip Krauss, G [10]. Tetapi Krauss sendiri menyatakan bahwa harga kekerasan HRC ≤ 20 tidak dapat dianggap

absah dan hanya digunakan sebagai perbandingan saja.

Pemeriksaan Metalografi

Pemeriksaan dan analisis baku metalografis dilakukan berdasarkan prosedur Vander Voorf [9], mulai dari pemotongan spesimen, pengerindaan dan pemolesan, dan pengetsaan pada permukaannya dengan menggunakan Nital's reagent etchant untuk menampang microstructure di bawah optic microscope. Pemeriksaan micrograph yang diperoleh pada pembesaran 400X Gambar (7 - 10) menghasilkan fakta bahwa logam dasar AISI 1045 sebelum dilakukan perlakuan panas memiliki struktur mikro berupa fasa ferit (warna putih) dan perlit (berwarna hitam) seperti dapat dilihat pada Gambar (3) di bawah ini.



Gambar 3. Struktur mikro sebelum perlakuan panas hardening baja AISI 1045 tampak ferit (terang) dan perlit (hitam). 800X, Nital 2%.

Perubahan Struktur Mikro

Proses perlakuan panas untuk baja karbon sedang AISI 1045 ini termasuk ke dalam kategori baja hipo-eutektoid dengan kandungan karbon kurang dari 0,8%. Baja AISI 1045 dipanaskan hingga suhu austenit, struktur mikro, tentu saja, austenite pula. Ketika suhu turun di bawah garis A3 pada Diagram fasa Fe-C, maka butir ferit mulai terbentuk pada batas butir austenit. Selanjutnya, jika suhu terus turun, maka butir ferit terus tumbuh membesar dan fasa austenit yang tersisa menjadi kaya akan karbon.

Pada suhu sekitar 723°C, fasa austenit mengandung 0,8% karbon dan berubah menjadi perlit. Dengan demikian pada suhu di bawah garis A1 dari Diagram Fasa Fe-C

sudah tidak ada lagi fasa austenit karena sudah bertransformasi menjadi perlit. Dalam kondisi ini AISI 1045 memiliki struktur mikro ferit (yang tidak bertransformasi) dan perlit (hasil transformasi dari austenit).

Berbeda dengan perubahan struktur mikro di atas yang berlangsung secara difusi atom dengan laju pendinginan lambat yang masih berlaku Diagram Fasa Fe-C, proses perlakuan panas quench berlangsung dengan laju pendinginan yang sangat cepat, bersifat non-difusif, dan non-termal. Karena itu, proses quenching ini harus dipakai Diagram CCT untuk dapat menganalisis struktur mikro sampel.

Jika AISI 1045 didinginkan secara cepat dari fasa austenit, maka sel satuan FCC akan bertransformasi secara cepat menjadi sel satuan BCC. Akibat cepatnya, unsur karbon yang larut dalam BCC tidak sempat keluar (terperangkap) dan tetap dalam sel satuan itu. Hal ini menyebabkan terjadinya distorsi sel satuan sehingga sel satuan BCC menjadi sel satuan BCT. Perubahan sel satuan ini diikuti dengan perubahan struktur mikro austenit menjadi martenit yang berbentuk daun bambu atau jarum-jarum halus. Kekerasan martenit terutama tergantung pada kandungan karbon yang ada pada baja itu, bahkan harga kekerasan martenit sangat tinggi meskipun kadar karbonnya rendah.

Kekerasan martenit yang tinggi ini menyebabkan AISI 1045 menjadi getas, dan selama proses pendinginan yang sangat cepat hingga suhu kamar, maka akan timbul tegangan sisa yang dapat membahayakan bahan sampel karena tegangan sisa yang bersifat tarik jika melebihi kekuatan tarik maka bahan akan mengalami retak (quench crack).

Pada Gambar (4 - 9) tampak bahwa hasil foto makro pada sampel-sampel yang telah diberi perlakuan panas quench dengan struktur martenit menghadirkan retak quench. Semakin tinggi suhu pemanasan semakin tinggi pula retak quench, dan semakin tinggi waktu penahanan semakin tinggi juga retak quench. Apabila dilakukan Scanning Electron Microscope (SEM) dengan pembesaran sekitar 5000X kemungkinan besar akan

memperlihatkan jenis patah di antara batas-batas butir (intergranular). Karena itu, retak quench ini sangat rentan terhadap beban luar, maka ia harus dihilangkan dengan proses tempering lebih lanjut.



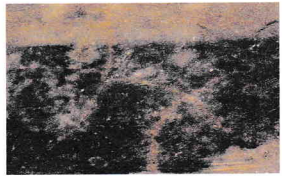
Gambar 4. Struktur permukaan setelah hardening pada 950°C dengan waktu penahanan 180 menit, dimana tampak adanya retakan akibat retak quench.



Gambar 5. Struktur permukaan setelah hardening pada 950°C dengan waktu penahanan 60 Menit, dimana tampak retak quench.



Gambar 6. Struktur permukaan setelah hardening pada 950°C dengan waktu penahanan 120 menit, dimana tampak retak quench.



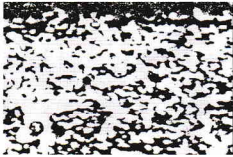
Gambar 7. Struktur permukaan setelah hardening pada 1000°C dengan waktu penahanan 180 Menit, dimana tampak adanya retakan akibat retak quench.



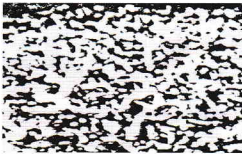
Gambar 8. Struktur permukaan setelah hardening pada 1000°C dengan waktu penahanan 60 Menit, dimana tampak adanya retakan akibat retak quench.



Gambar 9. Struktur permukaan setelah hardening pada 1000°C dengan waktu penahanan 120 Menit, dimana tampak adanya retakan akibat retak quench.



Gambar 10. Struktur mikro dekarburisasi setelah hardening pada AISI 1045 pada 900°C dan HT 60 menit, diperoleh tebal lapisan 265 μ



Gambar 11. Struktur mikro dekarburisasi setelah hardening pada AISI 1045 pada 900°C dan HT 120 menit, diperoleh tebal lapisan 305 μ



Gambar 12. Struktur mikro dekarburisasi setelah hardening pada AISI 1045 pada 900°C dan HT 180 menit, diperoleh tebal lapisan 345 μ

Pada Gambar (10 – 12) tampak bahwa pada bagian atas gambar merupakan bagian permukaan sampel. Pada permukaan sampel itu dapat diukur ketebalan lapisan dekarburisasi hasil proses tempering. Karbon yang terperangkap pada saat transformasi dari austenit menjadi martensit, dapat dikeluarkan dengan cara pemanasan pada baja AISI 1045 di bawah garis A1. Proses pelepasan karbon atau dekarburisasi ini membuat struktur terdeformasi plastic dan terjadi juga pelepasan tegangan sisa. Hal ini membuat kekerasan turun dan ketangguhan naik, serta cenderung menaikkan kekuatan bahan tersebut.

Hasil pengukuran tebal lapisan karburisasi setelah hardening pada AISI 1045 pada 900°C, 950°C dan 1000°C diperoleh masing-masing sebesar 304 μ , 350 μ dan 418 μ . Hal ini berarti bahwa semakin tinggi suhu pemanasan semakin tebal lapisan dekarburisasi setelah hardening bahan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Setelah dilakukan pengujian dengan menggunakan spektrometer maka didapatkan komposisi kimia sebagai berikut : 0.54%C, 0.40 % Si, 0.70 % Mn, 0.03 % S, 0.11 % Cr, 0.22% Ni, 0.04% Mo, dan sisa Fe, maka bahan penelitian dapat dipastikan sebagai AISI 1045, atau JIS S45C.
2. Hasil uji kekerasan menunjukkan bahwa pada suhu penahanan 900°C, 950°C dan 1000°C diperoleh harga kekerasan rata-rata masing-masing sebesar 849,27 HV, 570 HV, dan 444 HV. Hal ini bermakna bahwa makin tinggi suhu pemanasan makin tinggi harga kekerasan.
3. Semakin tinggi waktu penahanan akan semakin tinggi pula harga kekerasan, kecuali pada suhu 1000°C yang ternyata bahwa waktu penahanan yang tinggi akan menurunkan harga kekerasannya.
4. Hasil analisis struktur mikro dan makro menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu pemanasan semakin tinggi pula retak

quench, dan semakin tinggi waktu penahanan semakin tinggi juga retak quench, dengan jenis patah di antara batas-batas butir (intergranular).

5. Hasil pengukuran tebal lapisan karburisasi setelah hardening pada AISI 1045 pada 900°C, 950°C dan 1000°C diperoleh masing-masing sebesar 304 μ , 350 μ dan 418 μ . Hal ini berarti bahwa semakin tinggi suhu pemanasan semakin tebal lapisan dekarburasi setelah hardening bahan tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

1. Meier, M., "The heat treatment of Steel," Dept. of Chemical and Material Science, Technical Paper, University of California, Davis, Sept. 11, 2004;
2. Chitty, J.A.; Pertuz, A.; Hintermann, H.; Puchi, E.S. "Influence of electroless nickel-phosphorus deposits on corrosion-fatigue life of notched and un-notched samples of an AISI 1045 steel" *Journal of Materials Engineering and Performance*, 8 (1), 83-86 (1999);
3. Garces, Y., et.al., "Fatigue Behavior of a quenched and tempered AISI 4340 steel coated with an electroless N-P deposit", Proceedings of the 1999 26th International Conference on Metallurgical Coatings and Tin Films, San Diego., CA, USA, Apr 12-15, 1999;
4. Anggono, W., Siahaan, I.H., dan Cahyono, A.D., "Optimasi Proses Tempering Baja AISI 4140 untuk Peningkatan Sifat Mekanik Roller Cycle Speed Reducer", *Jurnal Teknik Mesin (U.Petra)*, 8 (2), 23-32 (2005);
5. Honeycomb, RWK., and Bhadeshia, H.K.D.H., "Steel: Microstructure and Properties", Metal Park, Ohio: ASM International, (1982);
6. Elmer, J. W., et.al., "Direct Observations of Austenite, Bainite, and Martensite Formation During Arch Welding of 1045 Steel Using Time-Resolved X-ray Diffraction", *Welding Journal*, 7 (2) 244-253 (2004);
7. Lin, C.J., and He, J.L., "Cavitation erosion behavior of electroless nickel-plating on AISI 1045", *Wear* xxx (2005) xxx-xxx. <http://www.sciencedirect.com>.
8. Akhyar Ibrahim, Ahmad Taufik Joenoes, dan Sony Suprijanto, "Prediksi Penjalaran Retak Fatik pada Poros yang dikenai Beban Lentur Amplitudo Konstan", *Jurnal MESIN (ITB)*, 22(1), 23-32 (2002);
9. Vander Voort, G.F. "ASM Handbook Vol. 9: Metallography and Microstructures," (Ohio: ASM International, 2004).
10. Krauss, G. "Steel: Heat Treatment and Processing Principles," (Metal Park Ohio: ASM International (1989).