Pengaruh Laju Aliran Air pada Pengujian Jomini terhadap Sifat Mampu Keras dan Struktur Mikro Baja AISI 1045

Iftika Philo Wardani[1], Hery Irawan[1], Vuri Ayu Setyowati[1], Saiful Fuadi Firdaus[1] dan Dian Alvianto Purnama Putra[1]

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri,
Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya
E-mail: iftika.wardani@itats.ac.id

ABSTRACT

AISI 1045 was commonly used as a raw material for the automotive's gears, where during manufacturing process it is also necessary to pay attention to its hardenability properties. This hardenability properties in gear manufacturing can be approached using Jomini test. The Jomini test was carried out in accordance with the ASTM A255 standard using water as the cooling medium and the cooling flow rate variations were 0.22 L / sec, 0.27 L / sec, and 0.32 L / sec. From this research, it is known that the microstructure that obtained from jomini test were martensite and ferrite. Martensite can be known from the dark area which had tapered shape. From the photo of the microstructure, it can also be seen that the greater the flow rate of the coolant, the more martensite is formed. In addition, from the hardness value and the graph produced by the Rockwell type C hardness test, it was also concluded that the best coolant flow rate for AISI 1045 was 0.27 L / sec, this was indicated by the highest hardness value at the 15th test point and the slope of the graph at this flow rate is the smallest compared to other flow rates.

Kata kunci: *Hardenability, Coolant flow rate, microstructure, jomini test, AISI 1045*

ABSTRAK

AISI 1045 merupakan material yang umum digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan roda gigi, dimana pada proses manufakturingnya ini perlu diperhatikan pula sifat mampu kerasnya. Sifat mampu keras pada manufacturing roda gigi ini dapat didekati dengan pengujian jomini. Pengujian jomini dilakukan sesuai dengan standart ASTM A255 dengan menggunakan air sebagai media pendinginnya dan variasi laju aliran prndingin sebesar 0.22 L/detik, 0.27 L/detik, dan 0.32 L/detik. Dari penelitian ini diketahui bahwa dengan proses pengujian jomini ini didapatkan struktur mikro yang berupa martensit dan ferit, hal ini diindikasikan dari daerah gelap yang meruncing pada foto struktur mikronya. Dari foto struktur mikronya dapat diketahui pula bahwa semakin besar laju aliran pendingin maka semakin banyak pula martensit yang terbentuk. Selain itu dari nilai kekerasan dan grafik yang dihasilkan dengan pengujian kekerasan Rockwell type C didapatkan kesimpulan pula bahwa laju aliran pendingin paling baik adalah laju aliran 0.27 L/detik, hal ini diindikasikan dari nilai kekerasannya yang paling tinggi pada titik uji ke 15 serta slope grafiknya pada laju aliran ini paling landai dibandingkan laju aliran yang lain.

Kata kunci: Sifat mampu keras, laju aliran pendingin, struktur mikro, uji *jomini*, AISI 1045

PENDAHULUAN

Material AISI 1045 merupakan jenis baja karbon menengah yang banyak digunakan sebagai komponen automitif seperti roda gigi pada kendaraan bermotor [1],[2],[3]. Dalam proses manufakturing roda gigi ini salah satu sifat yang perlu diketahui adalah sifat mampu kerasnya, dimana sifat ini bisa didapatkan dengan pengujian Jomini [4].

Berdasarkan penelitian yang dilakukan sebelumnya oleh Taufikur Rohman, pada pengujian Jomini pada material S45C yang merupakan baja karbon menengah didapatkan data bahwa kekerasan material S45C hasil pengujian Jomini akan lebih tinggi dibandingkan dengan material yang tidak menerima perlakuan panas. Material yang dipanaskan hingga temperatur

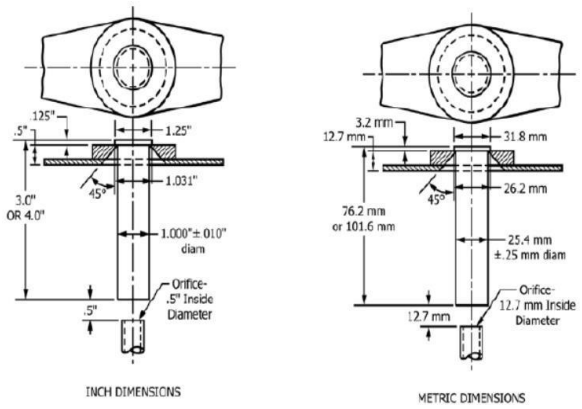
870°C kemudian di quench dengan metoda jomini mempunyai nilai kekerasan berkisar dari 600 HB pada ujung *end quench* dan sekitar 300 HB pada jarak 19.1 mm dari *end quench* [5].

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Indra Yadi, dkk, pada uji Jomini material St.60 yang merupakan baja karbon tinggi, didapatkan hasil bahwa semakin tinggi temperatur austenisasi dan semakin lama waktu penahanan, maka nilai kekerasan akan semakin tinggi. Selain itu pada penelitian ini didapatkan pula kesimpulan bahwa baja dengan laju pendiginan cepat kekerasannya lebih tinggi dibanding dengan baja pendinginan lambat [6].

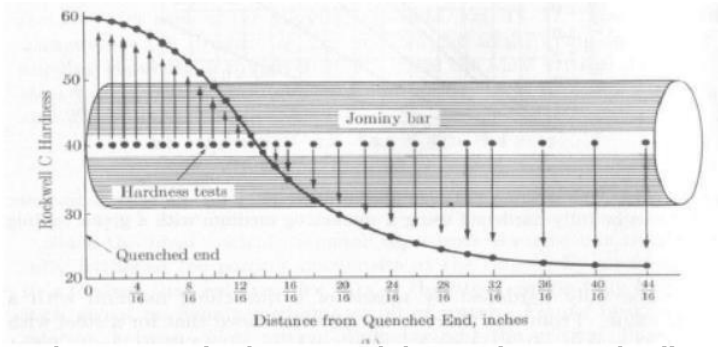
TINJAUAN PUSTAKA

Pengujian Jomini

Pengujian Jomini yang digunakan untuk mengetahui sifat mampu keras suatu material. Pengujian ini dilakukan sesuai dengan standart ASTM A-255, dimana menurut standart tersebut pengujian dilakukan dengan menggunakan spesimen seperti Gambar 1, yaitu spesimen yang berbentuk baja silinder dengan ukuran panjang 101 mm dan diameter 1 inchi (25.4 mm). Spesimen ini kemudian dipanaskan hingga melalui temperature austenisasinya kemudian didinginkan secara cepat pada salah satu ujungnya dengan cara disemprot menggunakan cairan pendingin. Tinggi semburan cairan ini adalah sejauh 65 mm dari ujung nozzle [7]. Pengamatan dilakukan dengan melakukan pengujian kekerasan dengan interval antara titik adalah setiap $\frac{1}{16}$" dari ujung batang uji yang disemprot dengan cairan (quench-end) seperti *Gambar 2*.



Gambar 1. Spesimen Pengujian Jomini menurut ASTM A255

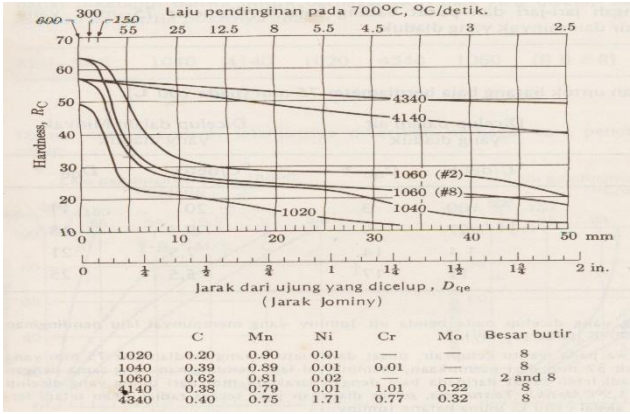


Gambar 2. Interval titik pengujian kekerasan dengan Rockwell type C

Sifat Mampu Keras

Sifat mampu keras merupakan kemampuan suatu material untuk dapat dikeraskan. Sifat mampu keras ini berbeda dengan kekerasan permukaan suatu material, karena kekerasan menunjukkan kemampuan suatu bendan dalam menahan deformasi plastik. Sifat mampu keras ditunjukkan dengan dalamnya pengerasan sebagai akibat dari dilakukannya proses pendinginan cepat dari temperature austenisasi material tersebut. Kemampuan mampu keras ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu prosentase unsur-unsur paduan, besar butir austenite, temperature austenisasi, lama pemanasan dan struktur mikro baja yang bersangkutan sebelum dikeraskan [8]. Proses pengerasan ini diakibatkan terbentuknya struktur mikro berupa martensit yang diakibatkan oleh proses pendinginan cepat. Pada proses pendinginan cepat ini atom karbon tidak sempat untuk terdifusi menjadi perlit, atom carbon akan terjebak dan menjadi martensit yang berbentuk BCT (Body Center Tetragonal) [9].

Unsur paduan merupakan salah satu factor yang mempengaruhi kekerasan dan pengerasan pada material. Baja dengan unsur paduan umumnya akan mempunyai kekerasan dan pengerasan yang lebih baik dibandingkan dengan baja karbon.



	C	Mn	Ni	Cr	Mo	Besar butir
1020	0.20	0.90	0.01	—	—	8
1040	0.39	0.89	0.01	0.01	—	8
1060	0.62	0.81	0.02	—	—	2 and 8
4140	0.38	0.79	0.01	1.01	0.22	8
4340	0.40	0.75	1.71	0.77	0.32	8

Gambar 3. Kurva kekerasan Uji Jomini pada beberapa jenis material [8]

Berdasarkan Gambar 3, dapat dilihat bahwa pada komposisi carbon yang sama baja AISI 4140 dan AISI 4340 yang merupakan baja paduan akan mempunyai kekerasan lebih tinggi daripada baja AISI 1040 yang merupakan baja karbon. Penambahan unsur paduan Mo akan membuat grafik TTT bergeser kekanan sehingga CCR akan ikut bergeser kekanan, hal ini akan menyebabkan martensit akan lebih mudah terbentuk, selain itu unsur Mo akan membuat grafik kekerasan Jomini semakin landai, hal ini tentunya akan membuat material yang mempunyai unsur paduan Mo lebih tinggi akan mempunai sifat mampu keras lebih baik.

METODE

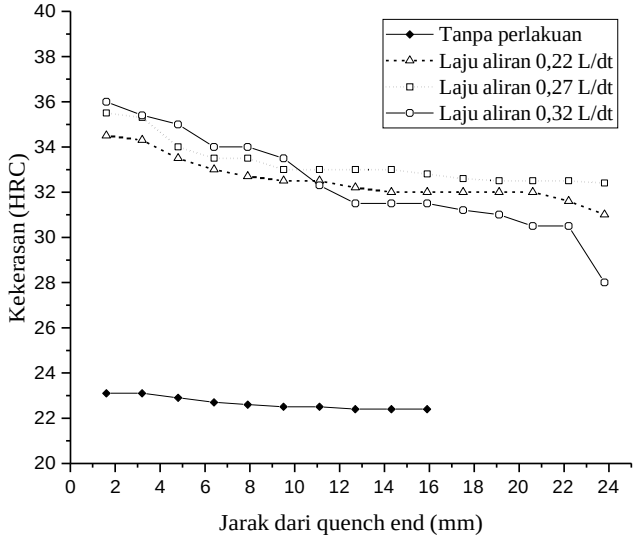
Dalam melakukan penelitian ini untuk pertama-tama dilakukan pembuatan spesimen Jomini sesuai dengan standart ASTM A-255, yaitu spesimen yang berdiameter 25 mm dan panjang 100 mm. Selanjutnya spesimen dipanaskan hingga temperature 870°C dengan waktu tahan 30 menit. Selanjutnya spesimen diletakkan ke alat uji Jomini dan dilakukan pendiginan cepat dengan cara disemprot air pada salah satu ujungnya dengan variasi laju aliran air sebesar 0.22 L/detik, 0.27 L/detik, 0.32 L/detik. Proses penyemprotan ini dilakukan selama kurang lebih 20 menit. Selanjutnya spesimen dikeringkan dan diuji dengan alat uji kekerasan Rockwell C dengan jarak indentasi mulai $^{1}/_{16}$ inchi hinga $^{15}/_{16}$ inchi dari *end quench*. Setelah pengujian kekerasan dilakukan

selanjutnya spesimen dipotong di ujung *end quench* untuk dilakukan pengujian metallography untuk mengetahui pengaruh laju aliran air terhadap struktur mikro yang terbentuk.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Laju aliran air terhadap sifat mampu keras material

Berdasarkan penelitian yang dilakukan didapatkan nilai kekerasan dari spesimen AISI 1045 yang diuji dengan jomini adalah sebagai berikut :



Gambar 4. Kurva *hardness* hasil Uji Jomini terhadap laju aliran air pendingin

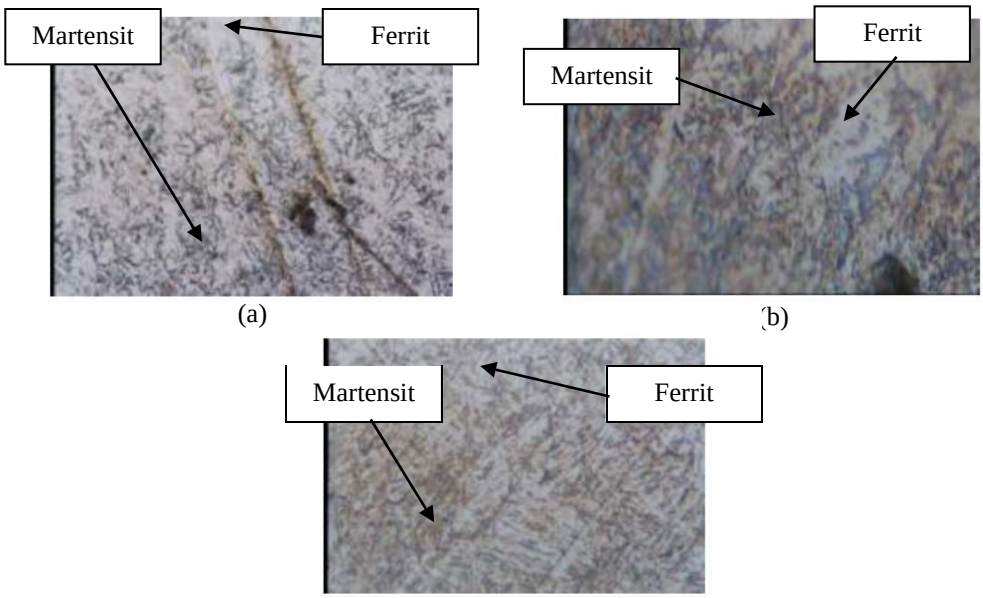
Berdasarkan Gambar 4 diatas dapat diketahui bahwa kekerasan material akan mengalami peningkatan dengan adanya proses pendinginan cepat yang berasal dari semburan air pada mesin uji jomini. Hal ini dikarenakan dengan adanya proses pendinginan cepat maka garis laju pendinginan akan berada sebelum CCR material sehingga atom karbon tidak akan sempat berdifusi keluar dan atom karbon akan terjebak dan membentuk martensit yang berbentuk BCT. Karena martensit mempunyai kekersan yang lebih tinggi daripada perlit maka material yang mengalami pendinginan cepat akan mempunyai kekerasan lebih tinggi pula bila dibandingkan dengan material yang tidak mengalami perlakuan panas. Pada Gambar 4 juga dapat diketahui bahwa semakin jauh titik pengujian maka semakin berkurang pula kekerasan material tersebut, hal ini dikarenakan pada daerah *end quench* mempunyai laju pendinginan yang tinggi sehingga pada daerah *end quench* akan mempunyai jumlah martensit terbanyak. Seiring dengan bertambah jauhnya jarak indentasi dari daerah *end quench* maka laju pendinginan yang terjadi pada spesimen akan semakin menurun sehingga akan ada cukup waktu atom karbon untuk berdifusi keluar dan membentuk struktur perlit. Hal ini akan mengakibatkan kekerasan pada spesimen tersebut akan semakin berkurang.

Berdasarkan Gambar 4 diatas diketahui pula bahwa pada titik pengujian ke 15, material dengan laju aliran 0.27 L/detik mempunyai nilai kekerasan paling tinggi dibandingkan yang lain, hal ini mengindikasikan bahwa laju aliran 0.27 L/detik mempunyai kedalaman pengerasan paling besar sehingga membuat sehingga laju aliran ini mempunyai efek mampu keras paling tinggi pada baja AISI 1045. Selain itu dari Gambar 4 juga dapat diketahui bahwa pada laju aliran air 0.27 L/detik mempunyai grafik yang slopenya paling landai, hal ini menandakan bahwa baja AISI 1045 mempunyai sifat mampu keras paling baik apabila didinginkan dengan laju aliran air 0.27 L/detik.

Pada Gambar 4 terlihat bahwa pada baja AISI 1045 yang mempunyai kadar karbon 0.45%C pada ujung quench end mempunyai angka kekerasan hanya di kisaran 34-36 HRC sedangkan pada referensi R. Suratman [8], diketahui bahwa pada baja karbon AISI 1020 yang mempunyai kadar karbon jauh dibawah AISI 1045 mempunyai kekerasan jauh diatas 40 HRC, hal ini dikarenakan adanya proses jeda yang lama setelah proses keluarnya spesimen dari furnace hingga perlakuan jomini test, hal ini akan menyebabkan spesimen mengalami pendinginan normalizing sehingga menurunkan nilai kekerasan material.

Pengaruh Laju aliran air terhadap struktur mikro material

Berdasarkan penelitian yang dilakukan didapatkan foto struktur mikro pada spesimen adalah sebagai berikut :



Gambar 5. Struktur mikro baja AISI 1045 pada daerah end quench. (a) laju aliran 0.22 L/dt. (b) Laju aliran 0.27 L/dt. (c) laju aliran 0.32 L/dt

Berdasarkan Gambar 5 di atas dapat diketahui bahwa struktur mikro yang terbentuk adalah martensit (daerah gelap) dan ferit (daerah terang). Struktur mikro martensit ini ditandai dengan struktur yang dihasilkan pada daerah gelap cenderung berbentuk tajam. Dari Gambar 5 juga dapat dilihat bahwa untuk gambar dengan laju aliran 0.32 L/detik dan 0.27 L/detik mempunyai daerah gelap hampir sama, hal ini mengindikasikan bahwa pada kedua laju aliran pendingin ini mempunyai jumlah martensit yang hampir sama sehingga nilai kekerasan kedua laju aliran ini pada daerah *end quench* tidak akan jauh berbeda.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan didapatkan kesimpulan bahwa kekerasan baja AISI 1045 akan semakin naik seiring dengan naiknya laju aliran air cooler pada uji jomini. Selain itu diketahui pula bahwa pengerasan pada baja AISI 1045 paling tinggi didapatkan pada spesimen yang didinginkan cepat dengan laju aliran air 0.27 L/detik, hal ini dapat dilihat dari kedalaman

pengerasan paling tinggi terjadi pada laju aliran 0.27 L/detik. Selain itu dapat disimpulkan pula bahwa laju pendinginan 0.27 L/detik menghasilkan sifat mampu keras paling tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

[1] J. Suhatta, P. Hartono, and E. Marlina, "Pengaruh Sifat Mekanis Bahan AISI 1045 yang menggalam Proses Double Hardening dan Carburizing," *J. Tek. Mesin*, vol. 5, no. 1, 2015.

[2] B. Setyono, A. Noerpamoengkas, S. Hadi, J. Teknik Mesin, and F. Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, "Desain dan Analisis Kekuatan Chassis Kendaraan Ramah Lingkungan Mobil Hybrid 'Bed 18' Sumber Energi Udara Bertekanan dan Listrik," Sep. 2020. [Online]. Available: https://ejurnal.itats.ac.id/sntekpan/article/view/1241.

[3] I. P. Wardani, V. A. Setyowati, S. Suheni, and I. P. Samudra, "the Effect of Welding Current on Aisi 1045 Strength and Corrosion Rate," *J. Appl. Sci. Manag. Eng. Technol.*, vol. 1, no. 2, pp. 40–45, 2020, doi: 10.31284/j.jasmet.2020.v1i2.1159.

[4] A. T. Wibisono, M. Ramadhani, and R. Rochiem, "Effect of Holding Time and Cooling Medium on Microstructure and Hardness of AISI 8655 in Hardening Process," *IPTEK J. Eng.*, vol. 4, no. 3, pp. 13–16, 2018, doi: 10.12962/joe.v4i3.4280.

[5] T. Rokhman, "Perancangan Alat Uji Kemampukerasan Jominy Test Untuk Laboratorium Teknik Mesin Universitas Islam 45 Bekasi," *J. Ilm. Tek. Mesin Unisma "45" Bekasi*, vol. 3, no. 1, pp. 68–80, 2015.

[6] I. Yadi, Zulfikar, D. Ramdan, and A. Siregar, "Analisa Mampu keras Baja st 60 dengan Metode Alat Jominy test," *JMME (Journal Mech. Eng. Manuf. Mater. Energy)*, vol. 1, no. 1, pp. 19–27, 2017.

[7] ASTM, "Standard Test Methods for Determining Hardenability of Steel," vol. 03.01, pp. 1–24.

[8] R. Suratman, *Panduan Proses Perlakuan Panas*. Bandung: Lembaga Penelitian ITB, 1994.

[9] S. Hadi, E. Widiyono, W. Winarto, and D. Z. Noor, "EMS-45 Tool Steels Hardenability Experiment using Jominy ASTM A255 Test Method," *IPTEK J. Technol. Sci.*, vol. 24, no. 1, 2013, doi: 10.12962/j20882033.v24i1.137.