

# ANALISA KETANGGUHAN MATERIAL AISI P20 MOD. DENGAN UJI IMPAK MENGGUNAKAN METODE *CHARPY* *PENDULUM IMPACT TEST*

**Roni Kusnowo**

Politeknik Manufaktur Negeri Bandung  
Jl.Kanayakan no.21 Dago, Bandung, 40135  
E-mail : roni@polman-bandung.ac.id

## *Abstrak*

Penelitian ini dilakukan untuk melengkapi penelitian sebelumnya tentang analisa uji kekerasan dan uji tarik material AISI P20 Mod. setelah melalui proses hardening dan tempering pada suhu yang berbeda-beda. Untuk mendapatkan data ketangguhan material maka penelitian ini perlu dilakukan untuk menganalisis ketangguhan material AISI P20 Mod. melalui uji impak yang bertujuan untuk melihat ketahanan material terhadap pembebanan yang bersifat tiba-tiba dan melihat material getas atau ulet. Pengujian impak menggunakan metode charpy pendulum impact test dengan mengambil tiga sampel pada setiap perlakuan. Hasil uji impak menunjukkan harga impak atau ketangguhan baja cor ini menurun ketika dilakukan tempering pada temperatur 200<sup>0</sup>- 400<sup>0</sup> C, dimana harga impak pada temperatur tempering 400<sup>0</sup> C sebesar 7,58 J/mm<sup>2</sup> lebih rendah dari pada tempering pada temperatur 200<sup>0</sup>C yaitu sebesar 11,83 J/mm<sup>2</sup>. Harga impak kembali naik ketika dilakukan tempering pada temperatur 600<sup>0</sup> C, yaitu 29,11 J/mm<sup>2</sup> dan berada pada kisaran target harga impak material standar yaitu berkisar antara 10-40 J/mm<sup>2</sup>.

**Kata Kunci:** *uji impak, hardening, tempering, charpy pendulum impact test, material AISI P20 Mod.*

## I. PENDAHULUAN

Material AISI P20 Mod. diproduksi melalui proses *continuous casting* yang dalam proses pembuatannya memerlukan proses rol (*rolling*) dan proses tempa (*forging*). Material ini mempunyai sifat dan karakteristik khusus, diantaranya tahan terhadap temperatur tinggi, tahan terhadap abrasi, dan mempunyai mampu mesin yang baik. Untuk mendapatkan sifat mekanis material cor AISI P20 Mod. perlu dilakukan proses perlakuan panas, diantaranya *hardening* dan *tempering* (Kusnowo, 2015).

*Hardening* merupakan proses perlakuan panas yang diterapkan untuk menghasilkan benda kerja yang keras. Perlakuan ini terdiri dari memanaskan baja sampai ke temperatur pengerasannya (temperatur austenisasi), dan menahannya pada temperatur tersebut untuk jangka waktu tertentu dan kemudian didinginkan dengan laju pendinginan yang sangat tinggi atau di *quench* agar diperoleh kekerasan yang diinginkan (Suratman, 1998:41).

Sedangkan *tempering* merupakan proses memanaskan kembali baja yang sudah dikeraskan dengan tujuan untuk memperoleh kombinasi

antara kekuatan, keuletan dan ketangguhan yang tinggi. Proses *tempering* terdiri dari pemanasan baja sampai dengan temperatur dibawah temperatur A1, dan menahannya pada temperatur tersebut untuk jangka waktu tertentu dan kemudian didinginkan di udara (Suratman, 1998:77).

Dalam mendapatkan material yang sesuai dengan kebutuhan, maka material substitusi impor yang dalam penelitian ini adalah material AISI P20 Mod., diperlukan suatu uji kekerasan dan uji tarik sebagai salah satu uji yang dilakukan untuk melihat sifat mekanik pada material sehingga dapat disesuaikan dengan kebutuhan industri. Uji kekerasan dan uji tarik telah dilakukan pada penelitian sebelumnya setelah material baja AISI P20 Mod. mendapatkan perlakuan *hardening* dan *tempering* untuk mendapatkan nilai kekerasan dan kekuatan tarik yang diinginkan dari material tersebut.

Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan uji kekerasan pada proses *hardening* mencapai nilai kekerasan 53,7 HRC. Selanjutnya dilakukan proses *tempering* pada suhu 200<sup>0</sup>C hasil menunjukkan nilai kekerasan sedikit meningkat menjadi 54 HRC, sedangkan pada temperatur

400°C terjadi penurunan nilai kekerasan menjadi 47,4 HRC. Baru setelah dilakukan *tempering* pada suhu 600°C hasil uji kekerasan menunjukkan masuk target kekerasan yang diinginkan yaitu pada 34 HRC. Hasil uji tarik menunjukkan pada kondisi awal benda, hasil uji tarik adalah 655N/mm<sup>2</sup>. Kekuatan tarik hasil proses hardening sebesar 1244 N/mm<sup>2</sup>. Setelah dilakukan proses *tempering* 200°C dihasilkan kekuatan tarik 1515.8 N/mm<sup>2</sup>. Pada proses *tempering* 400°C, terjadi penurunan nilai kekuatan tarik menjadi 1397.9 N/mm<sup>2</sup>. Selanjutnya pada proses *tempering* 600°C nilai kekuatan tarik menjadi 1077.7 N/mm<sup>2</sup>, mendekati target kekuatan tarik yaitu 1020 N/mm<sup>2</sup> (Kusnowo, 2015).

Untuk mendapatkan data ketangguhan material baja cor AISI P20 Mod. perlu dilakukan suatu pengujian untuk melihat ketahanan/getas material terhadap pembebanan yang bersifat tiba-tiba. Pengujian dapat dilakukan dengan uji impact menggunakan metode *Charpy Pendulum Impact Test* (ASTM A370-07a).

Berdasarkan uraian di atas maka penelitian ini bertujuan untuk menganalisis ketangguhan melalui uji impact pada material baja cor AISI P20 Mod. setelah melalui proses *hardening* dan *tempering* pada suhu yang berbeda-beda, yaitu 200°C, 400°C dan 600°C dalam upaya mendapatkan material yang sesuai dengan standar yang ditetapkan.

## II. METODE

Penelitian dimulai dengan pembuatan material untuk penelitian ini dengan proses pengecoran logam. Pengecoran material AISI P20 Mod. menggunakan kaidah-kaidah pengecoran logam, dimulai dari pembuatan pola *Y-block*, pembuatan cetakan, dan peleburan.



**Gambar 2.1** Pola Y-blok, coran sebelum dan setelah dipotong untuk sampel uji

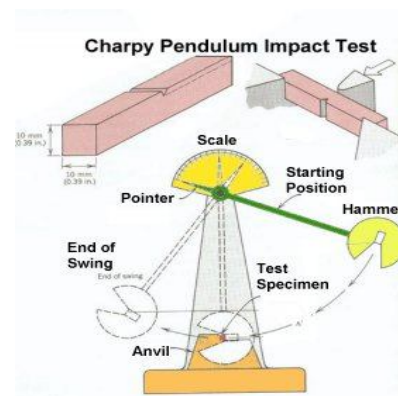


**Gambar 2.2** Specimen uji

Sebelum dilakukan uji impact, komposisi material harus sesuai standar maka dilakukan uji komposisi kimia dengan spektrometer dan melakukan analisis dengan membandingkan antara hasil uji spektrometer dengan standar material AISI P20 Mod. Setelah hasilnya dinyatakan bahwa material uji sudah sesuai dengan standar baru dilakukan proses uji impact serta analisa hasil pengujian impact.

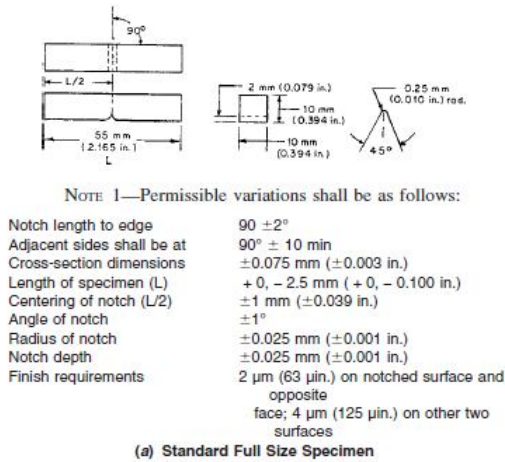
Selama proses peleburan dihasilkan material yang sama seperti material target dan hasil uji spektrometri menunjukkan komposisi kimia hasil pengecoran berada pada rentang yang dianjurkan oleh standar (Kusnowo, 2015).

Uji impact menggunakan metode *Charpy* dengan ukuran sampel 10 X 10 mm, sesuai dengan ASTM no A370-07a



**Gambar 2.3** Uji Impact

Prinsip uji impak adalah menumbukkan pendulum secara tiba-tiba ke specimen, hingga patah, energy yang diserap untuk mematahkan material  $E = m.g.(h_1-h_2)$ . Pada gambar 2.4 di bawah ini merupakan gambar specimen untuk uji impak.



Gambar 2.4 Standar dimensi uji impak

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Pengujian Komposisi Kimia

Pengujian komposisi kimia ini menggunakan *optical emission spectrometer*, sampel uji diambil dari hasil pengecoran (*Y blok*). Data hasil pengujian selanjutnya dibandingkan dengan data komposisi standar, dalam hal ini adalah AISI P20 Mod.

Tabel 3.1 Perbandingan hasil Spectrometry dengan standar material AISI P20 Mod. (Kusnowo, 2015).

Komposisi	Target	Hasil Spektrometry	Keterangan
C	0.35-0.45	0,44	ok
Si	0.2-0.4	0,4	ok
S	<0,010	0,01	ok
P	<0,010	0,01	ok
Mn	1.3-1,6	1,5	ok
Ni	0.7-1,0	0,7	ok
Cr	1.8-2.1	1,9	ok
Mo	0.15-0,3	0,27	ok

Data hasil pengujian menunjukkan komposisi kimia hasil pengecoran berada pada rentang yang dianjurkan oleh standar.

#### 3.2. Pengujian Impak

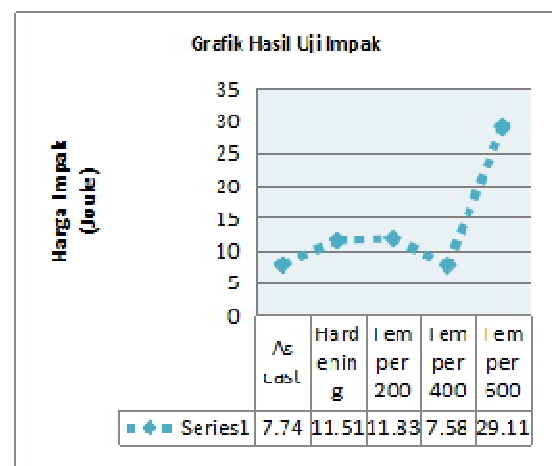
Pengujian impak dilakukan pada tiga sampel benda uji yang mendapatkan perlakuan. Dari pengujian impak dengan menggunakan metode *Charpy Pendulum Impact Test*, diperoleh data sebagai berikut :

Tabel 3.2 Data hasil Uji Impak

Perlakuan	Benda uji HI (J/mm <sup>2</sup> )			Rata rata (J/mm <sup>2</sup> )
	I	II	III	
As cast	7.74	7.74	7,74	7.74
Hardening	11,34	11,22	11,99	11.51
Temper 200	10.57	9.97	14.96	11.83
Temper 400	7.48	7.77	7,51	7.58
Temper 600	33.0	21.3	33.0	29.11

#### 3.5 Analisa Hasil Uji Impak

Metode uji impak terkait secara khusus dengan perilaku logam ketika mengalami aplikasi tunggal dari kekuatan yang mengakibatkan tekanan multi-aksial dikaitkan dengan lekukan, ditambah dengan tingginya tingkat pembebanan dan dalam beberapa kasus dengan suhu tinggi atau rendah. Untuk beberapa material dan temperatur, hasil dari uji impak digunakan untuk memprediksi kemungkinan patah getas secara akurat (ASTM, Designation: E 23 – 00).

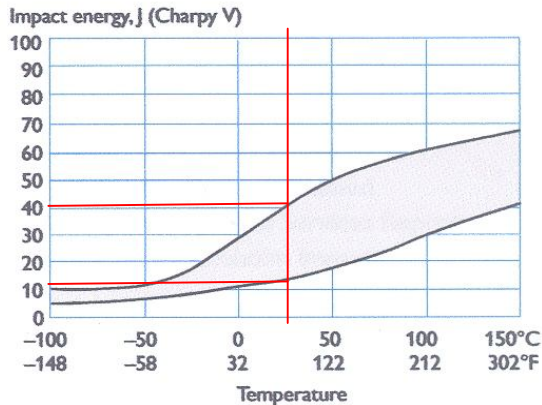


Gambar 3.1 Grafik hasil uji impak

Hasil uji impak menunjukkan harga impak pada proses *as cast* sebesar 7,74 J/mm<sup>2</sup>, harga impak ini belum memenuhi standar material AISI

P20 yang berkisar antara 10-40 J/mm<sup>2</sup>. Harga impact meningkat pada saat proses *hardening* yaitu mencapai angka 11,51 J/mm<sup>2</sup>.

Pada gambar 3.2 dibawah ini adalah harga impact pada material standar AISI P20 berkisar antara 10-40 J/mm<sup>2</sup>, sedangkan hasil uji impact pada baja cor AISI P20 Mod. adalah 29,11 J/mm<sup>2</sup>.



**Gambar 3.2** Harga impact material sepadan AISI P20

Harga Impact atau ketangguhan baja cor ini kembali menurun ketika dilakukan tempering dari temperatur 200<sup>0</sup>C ke temperatur 400<sup>0</sup> C, dimana harga impact pada temperatur temper 400<sup>0</sup> C lebih rendah dari pada tempering pada temperatur 200<sup>0</sup>C. Hal ini terjadi pada saat material di-*quench*, terjadi *residual stress* yang tinggi, sehingga ketangguhan material menjadi rendah.

Harga impact pada temperatur 200<sup>0</sup>C menunjukkan nilai sebesar 11,83 J/mm<sup>2</sup> dan menjadi turun pada temperatur 400<sup>0</sup>C. Terjadi penurunan harga impact pada temperatur 400<sup>0</sup>C, menjadi 7,58 J/mm<sup>2</sup> hal ini terjadi karena fenomena *temper embrittlement*.

Secara umum, *Temper Embrittlement* (TE) adalah pengurangan ketangguhan baja yang disebabkan oleh perubahan struktur mikro dan efek kimia. TE adalah fenomena yang terjadi pada baja, yang ditandai dengan penurunan ketangguhan atau penurunan harga impact. TE merupakan fenomena yang terjadi ketika baja dipanaskan. TE terjadi pada kisaran 375-575<sup>0</sup>C, kondisi tersebut terjadi karena pemisahan unsur-unsur pengotor (P, Sn, As, Sb) pada batas butir. Hal ini menyebabkan dekohesi pada batas butir, sehingga dibutuhkan energi yang rendah untuk patah intergranular (Krauss, 1990:236)

Pada baja paduan cenderung terjadi *temper embrittlement*. Setelah proses *tempering* unsur paduan memiliki efek yang berbeda pada baja,

seperti kromium, nikel, dan mangan, yang mendorong TE. Efek *embrittlement* tertinggi diamati pada baja Cr-Ni dan baja Cr-Mn. Penambahan molibdenum (0,2-0,3%) dapat mengurangi TE.

Pada baja paduan, TE terjadi disebabkan oleh adanya unsur pengotoran, di antaranya posfor, timah, dan arsen. Unsur paduan dan kotoran berinteraksi satu sama lain dalam larutan, hal ini dapat juga diasumsikan jika atom dari pengotor dan unsur paduan tarik menarik, maka kotoran dan elemen paduan akan saling mengikat, yaitu dengan cara berikatan antara P dan Ni, P dan Cr, Sb dan Ni, Sb dan Mn dan lainnya. Unsur paduan dapat meningkatkan segregasi kotoran. Misalnya, nikel dan kromium, ketika hadir bersama-sama dalam baja, dapat menyebabkan segregasi yang lebih besar dari antimon (Sb).

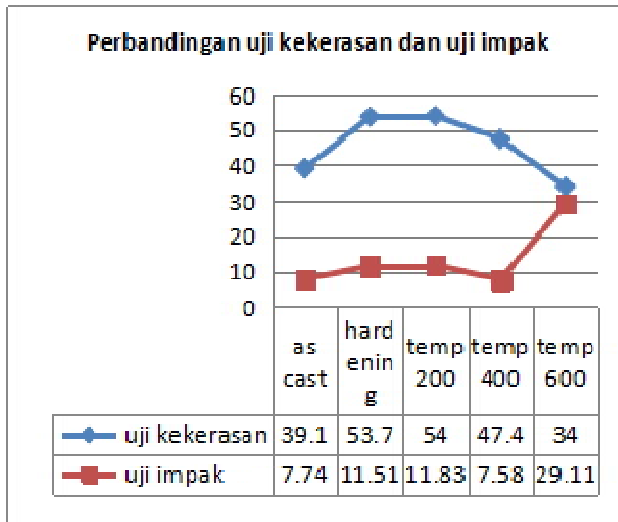
Sebab utama baja paduan yang mengandung Ni, Cr dan Mn sangat rentan terhadap TE dikarenakan peningkatan konsentrasi kotoran di lapisan batas larutan padat, yang disebabkan oleh efek dari penambahan paduan, akan berakibat pada lemahnya ikatan intergranular.

Langkah-langkah utama untuk mencegah *temper embrittlement* adalah sebagai berikut:

- Bersihkan kotoran dalam peleburan baja
- Penambahan unsur molibdenum (0,2-0,3%) pada baja paduan

Harga impact kembali naik ketika dilakukan tempering pada temperatur 600<sup>0</sup> C, yaitu 29,11 J/mm<sup>2</sup>. Jika dibandingkan dengan nilai kekerasan maka harga impact berbanding terbalik dengan nilai kekerasan, apabila nilai kekerasannya tinggi maka harga impactnya rendah, dan apabila nilai kekerasannya menurun, harga impact meningkat, hal ini dapat dilihat pada grafik 3.3 di bawah ini, dimana pada temperatur tempering 600<sup>0</sup> C kekerasan mencapai 34 HRC dan harga impact mencapai 29,11 J/mm<sup>2</sup>.

Proses *tempering* diantara 250<sup>0</sup>C dan 300<sup>0</sup> C tidak direkomendasikan karena penemperan pada rentang temperatur tersebut akan menurunkan harga impactnya (*temper embrittlement*). Umumnya, makin tinggi temperatur temper akan menurunkan nilai kekerasan dan kekuatannya dan makin besar pula peningkatan keuletan dan ketangguhannya.



**Gambar 3.3** Grafik perbandingan hasil uji kekerasan dan uji impak

#### IV. PENUTUP

##### Kesimpulan

Sesuai dengan tujuan penelitian yaitu untuk menganalisis ketangguhan material dengan uji impak menggunakan metode *Charpy Pendulum Impact Test* pada material AISI P20 Mod. hasil proses *hardening* dan *tempering* pada suhu yang berbeda-beda, maka berdasarkan hasil dan pembahasan dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Hasil uji impak pada proses *hardening* mencapai harga impak 11,51 J/mm<sup>2</sup>.
2. Hasil uji impak dari proses *tempering* suhu 200°C menunjukkan harga impak sedikit meningkat menjadi 11,83 J/mm<sup>2</sup>.
3. Hasil uji impak pada temperatur 400°C terjadi penurunan harga impak menjadi 7,58 J/mm<sup>2</sup>.
4. Hasil uji impak pada proses *tempering* pada suhu 600°C masuk target harga impak yang diinginkan yaitu pada 29,11 J/mm<sup>2</sup>.
5. Berdasarkan uji impak dinyatakan bahwa material uji dalam penelitian ini sesuai dengan standar material AISI P20 Mod. dan layak untuk dipergunakan.

##### Saran

Peneliti menyarankan untuk penelitian selanjutnya perlu dilakukan uji metalography untuk melihat secara lengkap sifat-sifat mekanik pada material penelitian sehingga didapatkan material yang benar-benar sesuai dengan standar yang diharapkan.

#### V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] ASM Handbook, Tool Steels, 5<sup>th</sup> edition, ASM International, USA, 1998.
- [2] ASTM no A370, pp. 43. Available <https://law.resource.org/pub/us/cfr/ibr/003/astm.a370.1977.pdf> diakses 14 September 2015.
- [3] ASTM Designation: E 23-00 (*standard test methods for Notched bar Impact Testing of Metallic Materials*), pp. 1-25
- [4] Callister Jr., W.D., *Material Science and Engineering An Introduction*. Seventh Edition. New York: John Wiley & Sons, Inc., 2007.
- [5] Krauss, G., *Steels: Heat Treatment and Processing Principles*. ASM International, 1990.
- [6] Kusnowo, R., "Pengaruh Temperatur Tempering terhadap Sifat Mekanik Baja Cor DIN 1.2738", M.S. thesis. Fakultas Teknik Mesin dan Dirgantara, Institut Teknologi Bandung, Indonesia, 2013.
- [7] Kusnowo, R. Analisa Uji Kekerasan dan Uji Tarik Material AISI P20 Mod. Hasil Perlakuan Hardening dan Tempering. *Jurnal Teknologi Terapan Vol.1 No.1*, 2015.
- [8] Steel UTOPNIN (Mat.No. 1.2738, DIN 40CrMnNiMo8-6-4, AISI P20 Mod.). CCT Diagram. Available <http://www.metalravne.com/steelselector/steels/UTOPNIN.html> diakses 14 September 2015.
- [9] Suratman, R., *Panduan Proses Perlakuan Panas*, Bandung: Lembaga Penelitian Institut Teknologi Bandung, 1998.
- [10] Surdia, T., dan Chijiwa, K. *Teknik Pengecoran Logam*. Jakarta: PT Pradnya Paramita. 2000.