

# PENGUJIAN IMPAK BESI COR KELABU AUSTEMPER

Dwi Basuki Wibowo<sup>1)</sup>, Dwi Purwanto<sup>2)</sup>

## Abstract

Grey cast iron representing Fe-C alloy as steel. Grey cast iron graphite in form of flake. Grey cast iron at most used compared to other casting metals, this matter because of amenity process production, can be made mass productions and cost of process which competing, etc. Though offering many advantage, but there are some lacking of that is mechanical properties do not as high as steel. To improve the mechanical properties, in this research the grey cast iron was austempered. This process is conducted by holding the specimens at austenite temperature ( 850°C) during 1 until 2 hour, then quenched in NaNO<sub>2</sub> and KNO<sub>3</sub> as cooler media. At the quench process conducted by temperature variations to knowing effect of quench temperature at the austempered. Impact, Hardness and metalographi testing have been conducted to evaluate effect of austempering on the mechanical properties and micro structure of austempered materials.

By austempered treatment, will improve strength of impact equal to 5.83 % until 45.01 % at non-alloyed grey cast iron, and 15.74 % until 43.47 % at alloyed-0,3 % Cr grey cast iron. Improved of hardness properties also happened equal to 8.57 % until 37.11 % at non-alloyed grey cast iron, and 0.85 % until 38.66 % at alloyed-0,3 % Cr grey cast iron.

Kata kunci : Impak, Besi Cor Kelabu Austemper

## PENDAHULUAN

Besi cor yang paling banyak digunakan adalah besi cor kelabu yaitu besi cor dengan grafit berbentuk *flake* (serpilh). Besi cor ini kekuatan tariknya tidak begitu tinggi dan keuletannya rendah (*Nil Ductility*). Ketangguhan besi cor kelabu juga rendah, hal ini dikarena bentuk grafitnya berupa *flake* dimana ujung-ujungnya berfungsi sebagai takikan yang sangat menurunkan ketangguhan. Meskipun demikian penggunaan besi cor kelabu masih sangat banyak, hal ini disebabkan oleh kemudahan proses pembuatan, mampu dibuat secara masal dan biaya proses yang kompetitif dll. (Surdia, 1996)

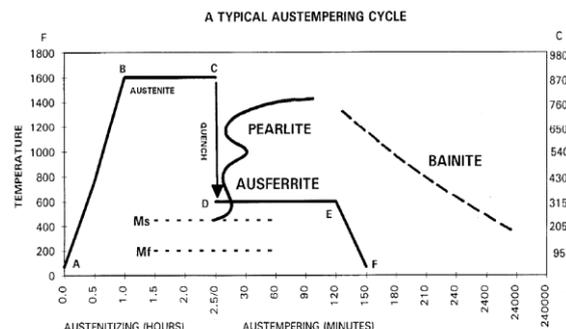
Penggunaan besi cor kelabu sebagai material dasar dalam pembuatan produk tertentu tidak lepas dari sifat-sifat mekanis dan fisik yang dimiliki besi cor kelabu itu sendiri. Untuk mengikuti perkembangan jaman, produk-produk tersebut juga perlu dilakukan peningkatan kualitas bahannya yang mencakup ketangguhan, kekerasan, keuletan, mampu menyerap getaran, ketahanan aus, ketahanan terhadap korosi dan lain sebagainya. Beberapa sifat-sifat tersebut sangat dipengaruhi oleh struktur mikro dan matrik penyusunnya. Pada umumnya, besi cor kelabu mempunyai struktur mikro ferit, perlit, dan sementit dengan grafit berbentuk serpilh. (Suherman, 1987)

Distribusi, ukuran dan bentuk grafit serta jenis matrik sangat mempengaruhi sifat mekanis dari besi cor kelabu. Perbedaan jenis grafit dipengaruhi oleh kandungan unsur paduan dan laju pendinginan saat proses pengecoran. Penambahan unsur-unsur seperti :

Si, Ti, Ni, Al, Co, Au, dan Pt akan mempercepat terbentuknya grafit (*graphitizing element*) dalam besi cor kelabu, sedangkan unsur-unsur Cr, Te, S, V, Mn, Mo, P, W, Mg, B, O, H, dan N cenderung akan menghambat penggrafitan besi cor kelabu sehingga grafit yang terbentuk akan lebih halus. (Surdia, 1995)

Matrik ferit dalam besi cor kelabu sangat ulet, tetapi kekerasannya sangat rendah. Matrik perlit mempunyai kombinasi kekerasan dan keuletan yang baik, tetapi nilainya masih rendah. Sementit dan martensit mempunyai kekerasan yang tinggi, tetapi sangat getas. Diantara matrik-matrik tersebut, bainit mempunyai kombinasi nilai kekerasan dan keuletan terbaik sehingga untuk penggunaan besi cor kelabu dengan tuntutan nilai kekerasan dan kekuatan impact yang tinggi, besi cor kelabu dengan matrik bainit lebih unggul dibandingkan yang lainnya. (Suherman, 1987)

Austemper merupakan proses perlakuan panas isothermal yang mengacu pada pembentukan struktur bainit, yang mempunyai sifat-sifat mekanis yang lebih baik.



Gambar 1. Siklus austemper. (Hayrynen dkk., 2002)

<sup>1)</sup> Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin FT-UNDIP

<sup>2)</sup> Alumni Jurusan Teknik Mesin FT-UNDIP

Pada Gambar 1 di atas, proses austemper terdiri dari dua tahap, yaitu :

1. Austenitisasi

Proses pemanasan besi pada temperatur antara 840 °C - 950 °C (dari A ke B) kemudian ditahan selama 15 menit sampai 2 jam agar matrik austenit dalam besi homogen

2. Austemper

Material dicelup cepat dari temperatur austenit ke temperatur austemper (dari C ke D) dalam salt bath dengan temperatur salt bath antara 250 °C sampai 450 °C dan ditahan selama 0,5 sampai 3 jam (dari D ke E). Kemudian material didinginkan dalam temperatur kamar (dari E ke F).

Besi cor dengan matrik yang sama, bentuk grafit bulat menghasilkan kekuatan tarik yang lebih tinggi dibanding dengan bentuk lainnya. Grafit bulat hanya dapat diperoleh dengan pengaturan komposisi kimia yang tepat dan proses pengecoran yang terkontrol. Karena sulitnya memperoleh grafit bulat, bentuk lainnya yang dikehendaki adalah grafit serpih tipe A. Grafit tipe ini dapat diperoleh secara *as-cast* karena pengontrolannya mudah dilakukan dan kekuatan impact dan kekerasan yang diperoleh masih cukup tinggi. (Suherman, 1987)

Dari kebutuhan akan material besi cor kelabu yang memiliki sifat mekanik yang lebih baik, dilakukan penambahan unsur kromium dan perlakuan panas austemper. Dalam penelitian ini dilakukan perlakuan panas austemper dengan beberapa variasi temperatur *quench* untuk menganalisa pengaruh temperatur *quench* pada sifat mekanis besi cor kelabu non paduan dan besi cor kelabu paduan 0.3 % Cr.

**METODOLOGI PENELITIAN**

**Pembuatan Spesimen**

Material awal yang digunakan dalam penelitian ini berupa besi cor kelabu berbentuk silinder pejal dengan diameter 32 mm dan panjang 600 mm. Material awal ini diperoleh dengan proses pengecoran yang dilakukan di PT. Suyuti Sido Maju, Tegalsari, Ngawonggo, Ceper, Klaten, Jawa Tengah dengan menggunakan tungku induksi berkapasitas ± 1 ton.

Pembuatan spesimen impact didasarkan pada ASTM E327. Material awal yang telah dibersihkan

kemudian dilakukan proses permesinan untuk membentuk material dengan dimensi 10 x 10 x 55 mm.

Spesimen yang telah selesai dilakukan proses permesinan kemudian dikelompok-kelompokkan yang selanjutnya dilakukan proses austemper. Media yang digunakan sebagai pendingin dalam proses austemper adalah garam KNO<sub>3</sub> dan NaNO<sub>2</sub>. Temperatur austenit yang digunakan dalam proses austemper ini adalah 850 °C dengan lama penahanan 2 jam dan variasi temperatur media pendingin dalam salt bath adalah 300 °C, 350 °C, 400 °C, 450 °C, 500 °C dan 550 °C dengan lama pencelupan adalah 2 jam. Setelah itu spesimen didinginkan di udara terbuka (temperatur kamar)

Untuk mengetahui perubahan yang terjadi, maka spesimen baik yang mendapat perlakuan austempering maupun tidak, dilakukan pengujian impact, kekerasan, dan metalografi. Pengujian impact dilakukan dengan menggunakan metode *charphy* dan pengujian kekerasan dilakukan dengan menggunakan metode rockwell tipe A. Untuk tiap spesimen dilakukan pengujian sebanyak 5 kali. Sedangkan pengujian metalografi dilakukan dengan menggunakan perbesaran 500x dan 1000x.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Pengujian Impact**

Gambar 3 (a) dapat diketahui bahwa penambahan unsur kromium dapat meningkatkan nilai kekerasan pada besi cor kelabu. Untuk besi cor kelabu tanpa perlakuan panas, peningkatan kekerasan akibat penambahan unsur kromium adalah sebesar 48 BHN atau sebesar 30,19 % dari nilai awalnya. Proses perlakuan panas austemper juga dapat meningkatkan nilai kekerasan pada besi cor kelabu. Pada besi cor kelabu non paduan, nilai kekerasan tertinggi dicapai pada proses austemper dengan temperatur celup 300 °C yaitu sebesar 218 BHN. Sedang pada besi cor kelabu paduan 0,3 % Cr nilai kekerasan tertinggi juga dicapai pada proses austemper 300 °C yaitu sebesar 287 BHN.

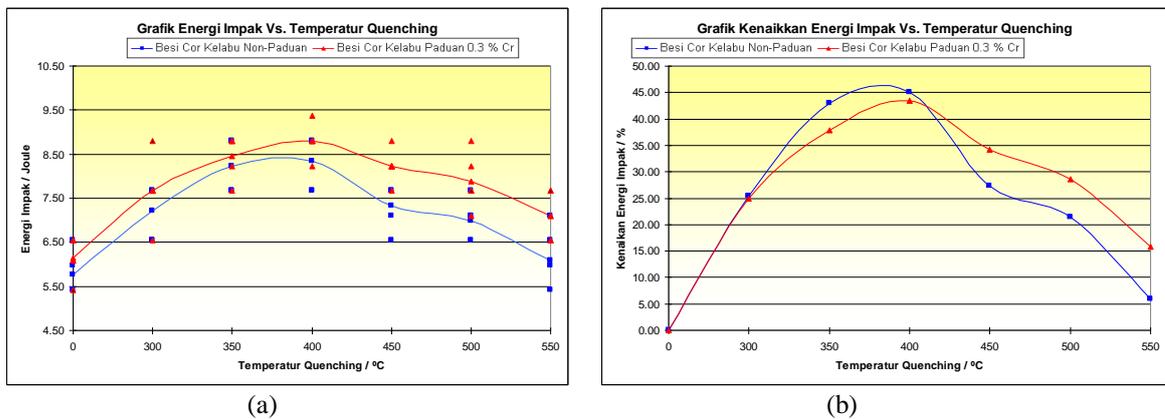
Tabel 1. Nilai impact besi cor kelabu non paduan

Proses	Pengujian Impact (Joule)					Rata-rata (Joule)	Deviasi	Kenaikan (%)
	1	2	3	4	5			
Non-Perlakuan	5.42	5.42	5.42	6.54	5.98	5.76	0.45	0
Austemper 300 °C	7.66	6.54	7.66	6.54	7.66	7.21	0.55	25.33
Austemper. 350 °C	8.23	8.80	7.66	8.80	7.66	8.23	0.51	43.03
Austemper 400 °C	8.80	7.66	8.80	7.66	8.80	8.35	0.56	45.01
Austemper 450 °C	7.66	7.10	7.66	6.54	7.66	7.33	0.45	27.28
Austemper 500 °C	6.54	7.66	6.54	7.10	7.10	6.99	0.42	21.40
Austemper 550 °C	5.42	6.54	5.42	5.98	7.10	6.09	0.65	5.83

Tabel 2. Nilai dampak besi cor kelabu 0,3 % Cr

Proses	Pengujian Impak (Joule)					Rata-rata (Joule)	Deviasi	Kenaikan (%)
	1	2	3	4	5			
Non-Perlakuan	6.54	6.09	5.42	6.09	6.54	6.13	0.41	0
Austemper 300 °C	6.54	7.66	8.80	7.66	7.66	7.67	0.72	24.96
Austemper 350 °C	8.80	8.23	8.80	7.66	8.80	8.46	0.45	37.90
Austemper 400 °C	8.80	8.23	8.80	9.37	8.80	8.80	0.36	43.47
Austemper 450 °C	8.23	8.80	8.23	8.23	7.66	8.23	0.36	34.18
Austemper 500 °C	7.10	7.66	7.66	8.23	8.80	7.89	0.58	28.64
Austemper 550 °C	7.66	7.10	7.66	6.54	6.54	7.10	0.50	15.74

Dari Tabel 1. dan Tabel 2. di atas dapat dibuat grafik sebagai berikut :



Gambar 2. (a) Grafik Energi Impak, (b) Grafik kenaikan energi dampak

Dari gambar 3 (b) dapat diketahui bahwa peningkatan nilai kekerasan untuk besi cor kelabu non paduan tertinggi terjadi pada proses austemper dengan temperatur celup 300 °C yaitu sebesar 37.11 %. Pada besi cor kelabu paduan 0,3 % Cr peningkatan tertinggi terjadi pada proses austemper dengan temperatur celup 300 °C yaitu sebesar 38.66 %. Pada besi cor kelabu non paduan dan besi cor kelabu paduan 0,3 % Cr, nilai kekerasan turun pada proses austemper dengan temperatur celup 350 °C, 400 °C, 450 °C, 500 °C, dan 550 °C tetapi masih lebih tinggi dari nilai kekerasan material awal sebelum dilakukan proses austemper.

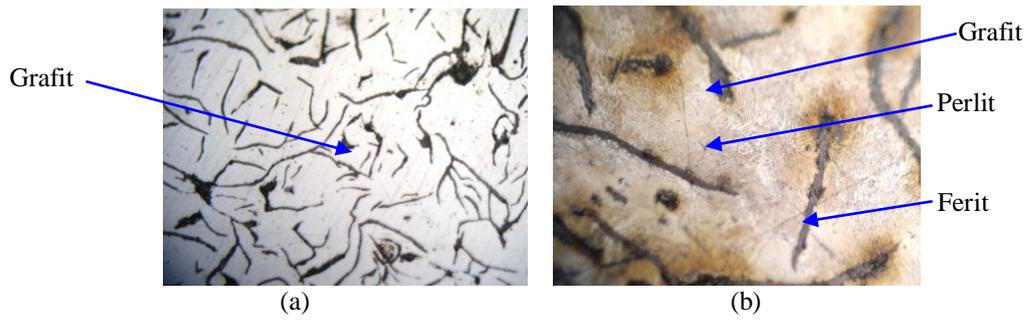
### Pengujian Metalografi

Pengujian metalografi dilakukan untuk mengetahui struktur mikro yang terjadi pada base material sebelum perlakuan dan material yang telah mengalami perlakuan panas austemper, juga sebagai data pendukung nilai kekerasan suatu material yang

dapat dilihat dengan keberadaan macam matriks penyusunnya.

Dari gambar struktur mikro besi cor kelabu tanpa paduan dan besi cor kelabu paduan, menunjukkan struktur mikro dengan grafit berbentuk serpih (*flake*) tipe A, tersebar merata dan orientasi sembarang. Perbedaan terlihat dari ukuran grafit dan matrik penyusunnya. Untuk besi cor kelabu paduan 0.3 % Cr, jumlah dan ukuran grafitnya lebih kecil. Hal ini dikarenakan unsur Cr menghambat terbentuknya grafit pada saat proses pembekuan. Sehingga akan menghasilkan grafit yang lebih halus dibandingkan besi cor tanpa paduan.

Proses perlakuan panas austemper akan merubah matrik penyusun besi cor kelabu dari ferit bebas atau perlit menjadi bainit. Penahanan selama 2 jam pada waktu proses austemper sudah cukup untuk merubah matrik ferit dan perlit menjadi matrik bainit.



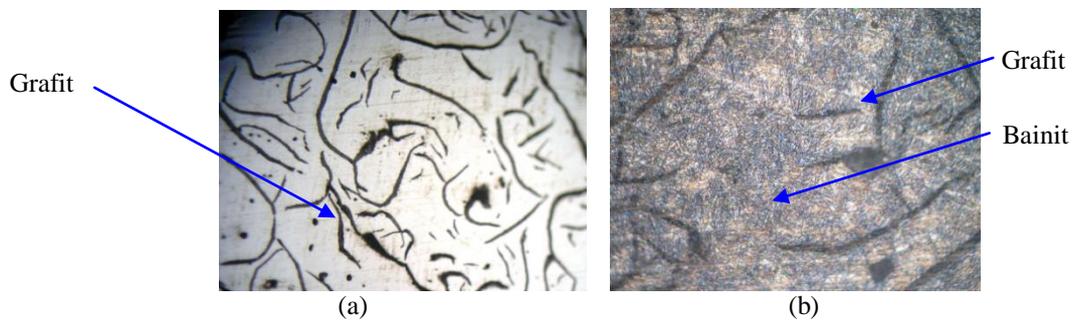
Gambar 4. Struktur mikro besi cor kelabu non paduan tanpa perlakuan panas ; (a) aspolish, perbesaran 500x dan (b) etsa, perbesaran 1000x.



Gambar 5. Struktur mikro besi cor kelabu non paduan dengan austemper 300 °C ; (a) aspolish, perbesaran 500x dan (b) etsa, perbesaran 1000x.



Gambar 6. Struktur mikro besi cor kelabu paduan 0.3% Cr tanpa perlakuan panas ; (a) aspolish, perbesaran 500x dan (b) etsa, perbesaran 1000x.



Gambar 7. Struktur mikro besi cor kelabu paduan 0.3% Cr dengan austemper 300°C ; (a) aspolish, perbesaran 500x dan (b) etsa, perbesaran 1000x.

## KESIMPULAN

1. Proses austemper yang dilakukan mampu memodifikasi jenis matrik dari semula perlit menjadi bainit.
2. Perlakuan panas austemper mampu meningkatkan energi impact hingga 45.01 % pada besi cor kelabu non paduan dan 43.47 % pada besi cor kelabu paduan 0,3 % Cr.
3. Perlakuan panas austemper mampu meningkatkan kekerasan hingga 37.11 % pada besi cor kelabu non paduan dan 38.66 % pada besi cor kelabu paduan 0,3 % Cr.
4. Parameter temperatur pencelupan yang mampu menghasilkan kenaikan energi impact dan nilai kekerasan tertinggi secara berturut-turut adalah 400°C dan 300°C.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Callister, William D. , Jr.1994, *Material Science and Engineering*, John Wiley & Son Inc, New York.
2. Djaprie, Sriatie, Van Vlack, 1986, *Ilmu dan Teknologi Bahan*, Erlangga, Jakarta.
3. Hayrynen K.L., Brandenberg K.R., Keough J.R., 2002, *Applications of Austempered Cast Irons*, Applied Process Technologies Division, Livonia, MI.
4. Smallman R.E.,1991, *Metalurgi Fisik Modern*, Edisi Keempat, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
5. Suherman,Wahid, 1987, *Pengetahuan Bahan*, Diktat Jurusan Teknik Mesin, ITS.
6. Surdia, Tata 1995, *Pengetahuan Bahan Teknik*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
7. Surdia, Tata 1996, *Teknik Pengecoran Logam*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.