

PENGARUH VISKOSITAS MEDIA CELUP TERHADAP KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO MARTENSITIC *WHITE CAST IRON* ASTM A532

Oleh :

Subardi, Ratna Kartikasari & Achmad Supiani

*Jurusan Teknik Mesin STTNAS Yogyakarta, Jl. Babarsari, Catur Tunggal Depok, Sleman, Yogyakarta 55281,
Telp. (0274) 485390, 486986 Faks. (0274) 487249*

Abstrak

Besi tuang putih memiliki keunggulan yaitu tahan aus, tahan korosi, kekuatan dan keuletan yang tinggi serta tahan terhadap perubahan suhu. Besi tuang putih banyak digunakan pada industri pembuatan roda kereta api, rol untuk menggerus (*grinding*), dan plat penghancur batu. Kelemahan dari besi tuang putih tersebut adalah ketahanan terhadap keausan belum maksimal. Peningkatan ketahanan terhadap keausan salah satunya dengan proses *heat treatment*. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh viskositas pada media celup terhadap kekerasan dan struktur mikro besi tuang putih martensitik ASTM A532. Spesimen besi tuang putih martensitik ASTM A532 merk Cr 12, CR 17, CR 21 dengan ukuran 15 mm x 10 mm x 10 mm, selanjutnya dilakukan proses uji komposisi, *heat treatment* dengan suhu 900°C ditahan 30 menit, lalu dicelupkan media oli dengan viskositas SAE 10, SAE 30, SAE 50. Pengujian meliputi uji kekerasan vickers dan pengamatan struktur mikro. Hasil pengujian komposisi kimia menunjukkan ASTM A532 CR12 mempunyai unsur C (carbon) sebesar 1.75% dan unsur Cr (Chromium) sebesar 14.24% masuk dalam kategori golongan besi tuang putih martensitik ASTM A532 Type A. ASTM A532, pada spesimen CR17 mempunyai unsur C (carbon) sebesar 2.15%, unsur Cr (Chromium) sebesar 17.90%, masuk golongan ASTM A532 Class II Type B. Dan CR21 mempunyai unsur C (carbon) sebesar 3.15%, unsur Cr (chromium) sebesar 19,25% termasuk golongan ASTM A532 Type E. Hasil struktur mikro ASTM A532 terdiri dari struktur martensit, perlit dan Carbida Cr. Hasil pengujian kekerasan media quenching oli (SAE 10, SAE 30 dan SAE 50) untuk merk CR 12, CR 17, CR 21 nilai kekerasan berbeda jauh (signifikan). Kekerasan tertinggi dari ketiga merk besi tuang putih adalah CR 12 sebesar 1017,5 Kg/mm² pada quenching SAE 10, struktur martensit menjadi berkurang namun carbida Cr bertambah sehingga kekerasan menjadi tinggi. Dan kekerasan terendah pada CR 21 yaitu 600,1 Kg/mm² pada quenching SAE 50, pemanasan akan menurunkan jumlah martensit dan carbida sehingga kekerasan menurun.

Kata kunci : ASTM A532, *grinding ball*, *heat treatment*, struktur mikro, kekerasan vickers.

PENDAHULUAN

Salah satu bahan utama konstruksi sipil adalah semen. Produksi semen Indonesia disamping untuk memenuhi semen dalam negeri juga memenuhi permintaan manca negara. Permintaan semen yang terus meningkat harus dapat diantisipasi oleh kalamgan industri semen seiring dengan terus meningkatnya biaya produksi akibat kenaikan tarif dasar listrik dan harga bahan bakar minyak di dalam negeri yang tidak sebanding kenaikan harga jual semen di pasaran.

Efisiensi yang dapat dilakukan antara lain dengan meningkatkan komponen lokal dalam proses pembuatan semen, antara lain penggunaan *grinding mill*, pada berbagai

peralatan di pabrik semen, seperti *crusher*, *tube mill* dan *cemen mill*.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh *viscositas* media celup terhadap kekerasan dan struktur mikro *martensitik white cast iron* ASTM A532 sebagai bahan *grinding ball* pada industri semen.

TINJAUAN PUSTAKA

Yufri Rusdian (2002), melaporkan dalam penelitiannya terhadap tiga *ball mill import* dari *Mitsubishi* dengan kode TY (Toyo), *United Kingdom* dengan kode LW (Long Ware) dan *Belgium* dengan kode AV (Magoto). Hasil pengujian komposisi kimia menunjukkan kandungan C dan Cr pada *ball mill* dengan kode LW (2,08 % C, 13,30 % Cr),

ball mill dengan kode TY (1,98 % C, 16,69 % Cr), *ball mill* dengan kode AV (12,37 % Cr). Hasil analisis distribusi kekerasan *ball mill* dengan kode AV dan TY kekerasan permukaannya lebih tinggi dan semakin ke dalam kekerasannya menurun, sedangkan kekerasan *ball mill* dengan kode LW kekerasan permukaannya lebih rendah dan semakin ke dalam kekerasannya lebih tinggi. Struktur mikro yang terlihat dan terbentuk pada *ball mill* dengan kode AV adalah *martensit*, *perlit* dan karbida Cr, sedangkan pada *Ball mill import* dengan kode TY dan LW struktur yang terlihat dan terbentuk adalah *carbida Fe* dan *carbida Cr*.

Telah dilakukan penelitian oleh Dwi Purnomo (2006), terhadap dua *ball mill import* dari PT. Semen Gresik dengan diameter 50 mm dan 80 mm. Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa *ball mill import* diameter 50 mm mempunyai kadar C sebesar 1,23% dan kadar Cr sebesar 21% termasuk dalam golongan *high-chromium iron* sedangkan *ball mill import* yang berdiameter 80 mm mempunyai kadar C sebesar 1,23% dan Cr sebesar 17,84%, berdasarkan kedua unsur tersebut, maka jenis *ball mill import* tersebut diklasifikasikan ke dalam baja paduan jenis Baja AISI Type 440C. Nilai kekerasan tertinggi pada *ball mill* diameter 80 mm terletak pada bagian tepi yaitu 797,4 kg/mm² sedangkan nilai terendah terletak pada bagian tengah (inti) yaitu 724,4 kg/mm². Struktur mikro yang terlihat pada *ball mill* dengan diameter 50 mm struktur mikro yang terlihat adalah *ferit*, *perlit* dan *martensit*.

DASAR TEORI

Besi Tuang Putih

Menurut Angus (1976), pada besi tuang putih ini silikonnya sangat rendah, sehingga solidifikasi besi carbida terbentuk dari grafit, tetapi nikel ditambahkan lagi dengan alasan yang sama seperti dalam kasus *martensitic* besi tuang abu-abu, yaitu untuk meyakinkan formasi dari *martensit* terdiri dari *perlit*. Namun demikian, karena nikel juga grafitiser kira-kira sepertiga keefektifan silikon, kromium ditambahkan sebagai stabiliser carbida untuk menimbulkan efek nikel *graphitising*. Sehingga struktur terakhir adalah

salah satu *chromium carbida* dengan *martensit*.

Besi cor putih (Avner, 1974) merupakan paduan *hypoeutektik* dimana setelah penuangan dan membeku, karbon akan bercampur dengan besi membentuk sementit. Besi cor putih mengandung sejumlah besar sementit sebagai jaringan kerja dalam dendrit yang berkesinambungan menyebabkan besi besi cor putih menjadi keras, tahan panas dan aus tetapi sangat rapuh dan sukar dikerjakan dengan mesin. Besi cor putih banyak digunakan pada pembuatan material yang tahan gesekan karena jumlah karbida yang besar. Untuk mengurangi sifat rapuh, besi cor putih dapat dianil sehingga sementit dapat terurai menjadi besi dan grafit (Davis 1996).

Menurut Walton (1981), karbida-karbida utama dalam struktur utama mikro besi tuang putih memberikan kekerasan yang sangat tinggi yang diperlukan untuk memecahkan (*crushing*) dan menghancurkan (*grinding*) material lain tanpa terjadi degradasi. Dukungan struktur matriks yang diatur oleh unsur paduan atau *heat treatment* menjaga keseimbangan antara ketahanannya terhadap keausan abrasi dan ketangguhan yang diperlukan untuk menanggung beban impact. Besi tuang putih paduan tinggi siap dicetak dalam berbagai bentuk yang diperlukan untuk memecahkan (*crushing*) dan menghancurkan (*grinding*) atau menangani material *abrasive*.

Baja

Baja adalah logam paduan antara unsur besi (Fe) dengan karbon (C), kadar karbon dalam baja dapat mencapai 2%, disamping kedua unsur tersebut dalam baja terdapat pula dalam jumlah kecil seperti mangan (mg), silikon (Si), Fospor (P) dan belerang (S). Baja mempunyai kekuatan tarik yang tinggi, antara 40-200 kg/mm² (Smith, 1993). Disamping itu baja juga mempunyai sifat keras dan ulet, sifat-sifat baja dapat diatur dengan cara mengatur komposisi kimianya, terutama kadar karbonnya. Semakin tinggi kadar karbon dalam baja, semakin tinggi kekuatannya serta kekerasannya, sementara keuletannya berkurang. Disamping itu sifat-sifat baja dapat diatur melalui proses perlakuan panas (*heat treatment*) (Budinski, 1989).

Pengujian Komposisi Kimia

Pengujian komposisi kimia dilakukan untuk mengetahui unsur-unsur paduan pada benda uji. Dengan pengujian komposisi kimia akan diketahui baik unsur maupun persentasinya sehingga dapat diketahui sifat-sifat dari suatu bahan.

Pengujian Kekerasan

Berdasarkan Schonmetz (1985), untuk mengetahui kekerasan suatu benda uji dengan pengujian Brinell, pengujian kekerasan Vickers dan pengujian kekerasan Rockwell. Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah pengujian kekerasan Vickers, harga kekerasannya dapat dihitung dengan rumus:

$$HV_{MN} = 1,8544 \frac{P}{D^2}$$

Keterangan : HVN : kekerasan Vickers (kg/mm²); P = pembebanan (kg);
D = diagonal injakan rata-rata (mm)

mengandung karbon, chromium dan Mangan dan silikon cukup tinggi. Kandungan Cr yang tinggi dapat meningkatkan kemampuan kekerasan, keuletan, tahan aus, tahan karat, tahan pada suhu tinggi dan bisa menurunkan kecepatan pendinginan kritis, tahan asam dan kemampuan potong yang tinggi.

Besi Tuang Putih Cr 12 mempunyai kadar C sebesar 2,20% dan kadar Cr sebesar 11,80%, sehingga termasuk kategori besi tuang putih golongan ASTM A532 class II Type A. Besi Tuang Putih Cr 17 mempunyai kadar C sebesar 2,61% dan kadar Cr sebesar 15,06%, sehingga termasuk kategori besi tuang putih golongan ASTM A532 class II Type B. Besi Tuang Putih Cr 21 mempunyai kadar C sebesar 3,15% dan kadar Cr sebesar 19,25%, sehingga termasuk kategori besi tuang putih golongan ASTM A532 class II Type E.

Pengujian Struktur Mikro

Uji struktur mikro dilakukan dengan cara pemotretan pada benda uji dengan menggunakan mikroskop optik yaitu *Olympus Metallurgical Microscope*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

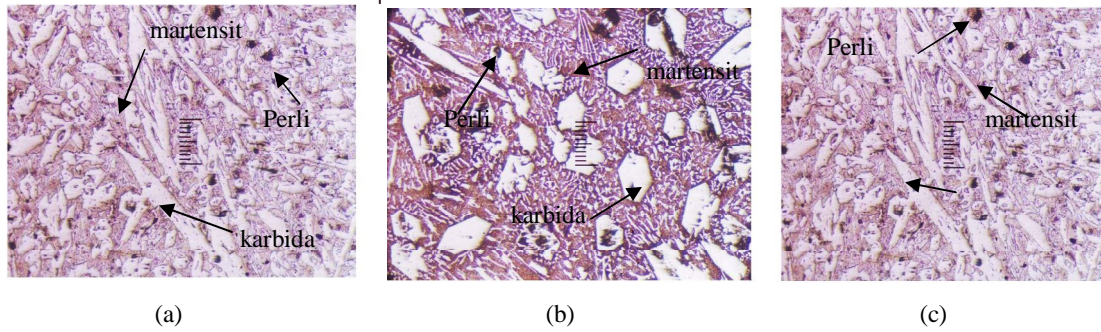
Analisis Uji Komposisi Kimia

Hasil uji komposisi kimia menunjukkan bahwa besi tuang putih *martensitik* ASTM A532 dengan code CR 12, CR 17 dan CR21

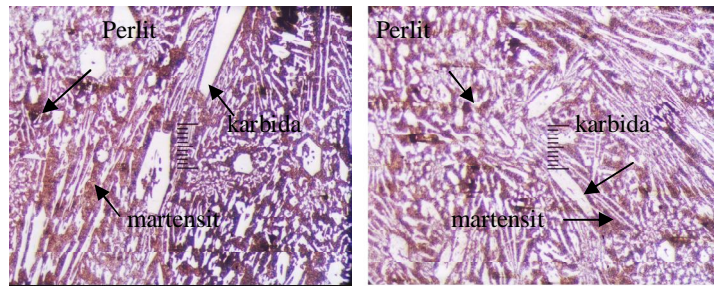
Tabel 1. Tabel hasil uji komposisi kimia

No	Unsur Kimia	Besi Tuang Putih (White Cast Iron) Martensitik ASTM A532		
		Spesimen 1 (CR 12) Kandungan (% Berat)	Spesimen 2 (CR 17) Kandungan (% Berat)	Spesimen 3 (CR 21) Kandungan (% Berat)
1.	Fe	80.92	75.47	68.81
2.	C	2.20	2.61	3.15
3.	Si	2.80	3.96	4.82
4.	Mn	1.27	2.02	3.00
5.	P	0.088	0.095	0.101
6.	S	0.027	0.000	0.000
7.	Cr	11.80	15.06	19.25
8.	Mo	0.000	0.000	0.027
9.	Ni	0.070	0.079	0.091
10.	Al	0.001	0.001	0.002
11.	B	0.0000	0.0000	0.0000
12.	Co	0.021	0.028	0.037
13.	Cu	0.039	0.043	0.054
14.	Mg	0.385	0.064	0.000
15.	Nb	0.007	0.007	0.008

Analisis Hasil Uji Pengamatan Struktur Mikro



Gambar 2. Struktur mikro spesimen *white cast iron martensitic* tanpa proses *heat treatment*:
(a). ASTM A532 Cr121 (b) ASTM A532 Cr 17 (C) ASTM A532 Cr 21



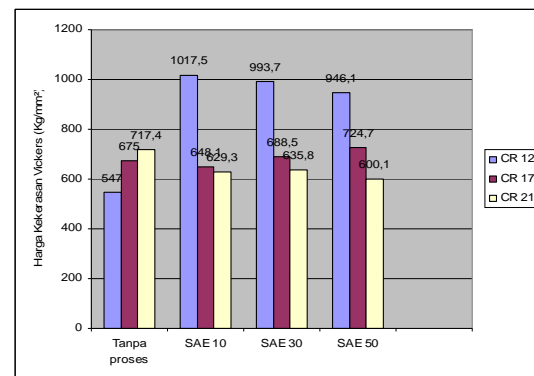
Gambar 3. Struktur mikro spesimen *white cast iron martensitik* ASTM A532 Cr 12:
(a) *Quenching* Oli SAE 10; (b) *Quenching* Oli SAE 30

Struktur *martensit* dalam gambar foto mikro besi tuang putih Cr 12 tanpa proses *heat treatment* tersebut terlihat paling sedikit *martensit*, struktur *perlit* dan *carbida* Cr lebih banyak dan merata. Struktur mikro besi tuang putih Cr 17 tanpa proses *heat treatment* tersebut terlihat paling sedikit *martensit* dan struktur *perlit* dan *carbida* Cr lebih banyak dan merata. Struktur gambar pada foto mikro pada besi tuang putih Cr 21 tanpa proses *heat treatment* tersebut terlihat lebih sedikit struktur *martensit*, *perlit* sebaliknya *carbida* Cr lebih banyak dan merata.

Besi tuang putih *martensitik* ASTM A532 pada proses *heat treatment* dengan *quenching viskositas* oli SAE 10, pada struktur mikro besi tuang putih terlihat lebih dominan *martensit* tersebar merata di antara *perlit* dan *carbida* Cr lebih sedikit, Besi tuang putih dengan *viskositas* oli SAE 30, struktur mikro besi terlihat lebih banyak struktur *martensit* tersebar merata di antara *perlit* dan *carbida* Cr lebih sedikit, besi tuang putih dengan *viskositas* oli SAE 50 pada gambar struktur mikro besi tuang putih *martensitik* terlihat

lebih dominan *martensit* tersebar merata dan struktur *perlit* dan *carbida* Cr lebih sedikit.

Analisis Hasil Uji Kekerasan



Gambar 4. Histogram distribusi kekerasan rata-rata (Kg/mm²) hasil uji kekerasan Vickers pada besi tuang putih *martensitik* ASTM A532(CR 12, CR 17, CR 21).

Pada spesimen besi tuang putih ASTM A532 dengan kode Cr 12 adalah specimen yang mempunyai nilai kekerasan paling tinggi di

bandingkan dengan jenis Cr 17 dan Cr 21, yaitu senilai 1017,5 Kg/mm², kekerasan tersebut didapat pada saat spesimen di *quenching* (celup) dengan media celup oli *viskositas* SAE 10, kemudian setelah di celupkan oli SAE 50 kekerasan menurun sampai dengan 946,1 Kg/mm². Semakin tinggi *viskositas* maka laju pendinginan semakin lambat, sehingga struktur *martensit* yang terbentuk semakin berkurang dan bentuknya semakin tidak lancip.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan terhadap spesimen besi tuang putih ASTM A532 dapat diambil beberapa kesimpulan, sebagai berikut:

1. Hasil uji komposisi kimia menunjukkan bahwa besi tuang putih Cr 12 mempunyai kadar C sebesar 2,20% dan kadar Cr sebesar 11,80%, sehingga termasuk kategori besi tuang putih golongan ASTM A532 class II Type A. Besi Tuang Putih Cr 17 mempunyai kadar C sebesar 2,61% dan kadar Cr sebesar 15,06%, sehingga termasuk kategori besi tuang putih golongan ASTM A532 class II Type B. Besi Tuang Putih Cr 21 mempunyai kadar C sebesar 3,15% dan kadar Cr sebesar 19,25%, sehingga termasuk kategori besi tuang putih golongan ASTM A532 class II Type E.
2. Hasil pengujian struktur mikro menunjukkan bahwa struktur ASTM A532 CR 12, CR 17 dan CR 21 terdiri dari martensit, perlit dan karbida Cr.
3. Hasil uji kekerasan menunjukkan bahwa ASTM A532 dengan kode Cr 12 adalah spesimen yang mempunyai nilai kekerasan paling tinggi di bandingkan dengan jenis Cr 17 dan Cr 21, yaitu senilai 1017,5 Kg/mm², kekerasan tersebut didapat pada saat spesimen di-*quenching* dengan media oli *viskositas* SAE 10, kemudian setelah di celupkan oli SAE 50 kekerasan menurun sampai dengan 946,1 Kg/mm². Semakin tinggi *viskositas* maka laju pendinginan semakin lambat, sehingga struktur *martensit* yang terbentuk semakin

berkurang dan bentuknya semakin tidak lancip.

DAFTAR PUSTAKA

- Angus, H.T., 1976, *Cast Iron, Physical and Engineering Properties*, Edisi Kedua, Butter Worths, London.
- Avner, S.H., 1964, *Introduction to Physical Metallurgy*, First Edition, McGraw-Hill International Book Company, Tokyo.
- Budinski, K. G., 1989, *Engineering Materials Properties and Selection*, 3rd ed., Prentice-Hall Inc., New Jersey
- Davis, J.R., 1996, *Surface Engineering of Carbon and Alloy Steel*, Metal Handbook, 9th ed., vol.6, American Society for Metals, Metal Park, Ohio
- Dwi Purnomo, 2006, *Karakterisasi Ball Mill Import Diameter 50 dan 80 mm Pada PT. Semen Gresik*, Sekolah Tinggi Teknologi Nasional, Yogyakarta.
- Schonmetz, Alois, Karl Gruber, terjemahan Eddy D. Hardjapamekas, 1985, *Pengetahuan Bahan Dalam Pengerjaan Logam*, Angkasa, Bandung.
- Tata Surdia, Saito, S., 2000, *Pengetahuan Bahan Teknik*, Cetakan Kelima, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Walton, F. C., 1981, *Iron Casting Handbook*, 2nd ed., *Iron Casting Society*, Inc., Florida.
- Yufri Rusdian, 2002, *Karakteristik Bola Baja (Ball Mill Import) Pabrik semen Di Indonesia*, Sekolah Tinggi Teknologi Nasional, Yogyakarta.