

PENGARUH LAJU PENDINGINAN DAN BAHAN PADUAN TERHADAP PEMBENTUKAN KARBIDA M_3C DAN KETAHANAN AUS BESI COR EN-JN2019

Kus Hanaldi

Jurusan Teknik Pengcoran Logam
Politeknik Manufaktur Negeri Bandung
Jl. Kanayakan No. 21 – Dago, Bandung - 40135
Phone/Fax : 022. 250 0241 / 250 2649
Email: adihanaldi@gmail.com

Abstrak

Besi Cor merupakan salah satu jenis logam besi(ferrous metal) yang memiliki paduan utama Karbon, Silikon dan Mangan. Pengembangan dari material besi cor ini diantaranya adalah *White Cast Irons* atau *Abrasion-resistant Cast Iron*. Salah satu dari material besi cor ini adalah EN-JN2019. Pada material ini, unsur yang terkandung selain Karbon, Silikon dan Mangan, juga ditambahkan unsur Chromium. Penelitian ini perlu dilakukan untuk mengetahui pada kandungan Chromium, Silikon dan tebal benda berapa akan menghasilkan kekerasan dan ketahanan aus yang maksimal. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui korelasi antara unsur Chromium, Silikon dan laju pendinginan terhadap pembentukan struktur mikro, nilai kekerasan, nilai *impact* dan ketahanan aus pada besi cor EN-JN2019. Analisa pengaruh laju pendinginan, kandungan Chromium dan Silikon terhadap pembentukan karbida M_3C dan ketahanan aus pada material Besi Cor EN-JN2019 telah dilakukan, dengan menggunakan metode *Factorial Design* pada dua variasi ketebalan sampel (5mm dan 30mm), dua variasi kandungan Chromium (1% dan 2%) dan dua variasi kandungan Silikon (1% dan 1,5%). Demikian pula telah dilakukan kajian terhadap kekerasan, struktur mikro dan uji *impact*. Dari hasil pengujian didapatkan bahwa perbedaan ketebalan benda, yang menggambarkan perbedaan laju pendinginan, merupakan *main effect* terhadap pembentukan struktur mikro karbida M_3C yang akan berpengaruh terhadap nilai kekerasan dan ketahanan aus. Pengaruh variasi Chromium dan Silikon akan saling berlawanan terhadap pembentukan struktur mikro karbida M_3C dan ketahanan aus. Dari hasil penelitian memperlihatkan, dengan meningkatnya kandungan Chromium akan meningkatkan fraksi karbida M_3C sehingga akan meningkatkan kekerasan dan ketahanan aus, sedangkan dengan peningkatan kandungan Silikon akan menekan pembentukan karbida M_3C dan akan meningkatkan pembentukan struktur mikro perlit yang berakibat pada turunnya kekerasan dan ketahanan aus. Dari hasil pengujian *impact* didapatkan bahwa pada semua variasi laju pendinginan, Chromium dan Silikon tidak memiliki pengaruh terhadap harga *impact*.

Kata kunci: Besi Cor EN-JN2019, karbida M_3C , laju pendinginan, kandungan Chromium dan Silikon, ketahanan aus.

1. Pendahuluan

Pada material EN-JN2019, unsur yang terkandung selain Karbon, Silikon dan Mangan juga ditambahkan unsur Chromium, dimana semua unsur tersebut berpengaruh terhadap sifat mekanik dan pembentukan struktur mikro. Selain pengaruh unsur paduan, ketebalan benda yang merupakan gambaran dari laju pendinginan juga berpengaruh terhadap sifat mekanik dan pembentukan struktur mikro[1]. *Factorial design study* digunakan pada penelitian ini untuk menganalisa secara bersamaan interaksi antara unsur paduan dan ketebalan benda terhadap sifat mekanik dan struktur mikro[2]. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui korelasi antara unsur Chromium, Silikon dan

laju pendinginan serta akibatnya terhadap nilai kekerasan, pembentukan struktur mikro dan ketahanan aus pada material EN-JN2019. Dari hasil penelitian ini, dapat digunakan dalam perancangan material benda cor, sehingga dapat digunakan saat penentuan komposisi kimia berdasarkan laju pendinginan (tebal benda) untuk mendapatkan nilai kekerasan, ketahanan aus dan struktur mikro yang diinginkan.

2. Tinjauan Pustaka

Terdapat berbagai jenis besi cor tahan abrasi, salah satunya adalah *unalloyed or low alloy abrasion resistant cast iron* yang berdasarkan standar *European Standard / Europäische Norm* EN 12513 material number EN-

JN2019[3]. Material ini memiliki standar komposisi kimia dan kekerasan seperti yang tercantum pada tabel 1 berikut ini:

Tabel 1. Komposisi kimia dan nilai kekerasan material EN-JN2019

Komposisi kimia dalam %				Vickers <i>Hardness</i> (HV) min.
C	Si	Mn	Cr	
2,4 – 3,9	0,4 – 1,5	0,2 – 1,0	Max 2,0	350

2.1 Bahan Paduan

Pengaruh unsur paduan harus menjadi pertimbangan saat akan menentukan komposisi kimia dari benda cor. Berikut ini adalah pengaruh dari unsur-unsur paduan tersebut:

Karbon (C)

Pengaruh Karbon harus dipertimbangkan bersamaan dengan Silikon dan Fosfor, karena ketiga unsur ini akan menentukan nilai *carbon equivalent* (*Carbon Equivalent Value* disingkat CEV). CEV akan berakibat pada kekuatan dan kekerasan dari benda cor[4]

Pada besi cor putih, kandungan karbon pada rentang 3,2 -3,6% digunakan apabila besi cor lebih diinginkan besi cor ketahanan abrasi. Sedangkan bila kandungan karbon pada range 2,7– 3,2 % bila lebih diinginkan besi cor memiliki mampu impact yang baik[4].

Silikon

Silikon adalah unsur yang mendorong terbentuknya grafit pada besi cor. Dengan kandungan Silikon diatas 1,6% akan cenderung membentuk grafit, apabila kurang akan cenderung membentuk besi cor putih[4]. Selain itu pada besi cor putih, dengan adanya kandungan Silikon akan meningkatkan keenceran dari cairan logam, untuk menghasilkan terak cair, dan berpengaruh terhadap kekerasan besi cor hasil pengecoran. Hal yang perlu dicatat adalah semakin tinggi kandungan silikon akan mendorong terbentuknya Perlit[4].

Chromium

Penambahan sejumlah kecil dari Chromium akan menekan pembentukan Ferit bebas sehingga akan meningkatkan kekerasan. Penambahan Chromium yang tinggi akan mengakibatkan pembekuan putih dan menyulitkan proses permesinan. Chromium 1% ditambahkan pada besi cor dengan tujuan

husus agar memiliki ketahanan gesek yang baik[1].

Chromium merupakan unsur pembentuk karbida yang kuat dan dapat menyetabilkan karbida. Secara kimia dapat dijelaskan bahwa energi pembentukan karbida akan meningkat dengan peningkatan unsur Chromium[5].

Mangan

Mangan dibutuhkan untuk menetralkan pengaruh Sulfur pada besi cor. Tanpa kandungan mangan, Sulfur akan berikatan dengan besi membentuk besi sulfida (FeS) pada batas butiran selama proses pembekuan yang akan mengakibatkan kekuatan dari besi cor tersebut akan turun. Dengan penambahan Mangan maka Sulfur akan berikatan dengan mangan membentuk mangan sulfida (MnS). Selain itu Mangan juga berfungsi untuk mendorong terbentuknya Perlit dan meningkatkan kekuatan dan kekerasan[1].

2.2. Struktur Matriks

Perlit

Perlit merupakan fasa gabungan antara Ferit dan Fe₃C. Dibawah mikroskop, Perlit dapat terlihat berupa kumpulan barisan lapisan Ferit dan lapisan Fe₃C secara bergantian. Struktur serpih yang bergantian antara lapisan Ferit (lunak) dan lapisan Fe₃C (keras) menjadikan Perlit sebagai struktur matriks yang sangat kuat dan tangguh[1].

Kekerasan, kekuatan, kemampuan permesinan dan ketahanan aus dari Perlit tergantung dari kehalusan lapisan ini. Perlit yang halus dapat mencapai kekerasan lebih dari 300 HB, dan tidak dapat dilihat dibawah mikroskop yang biasa[1].

Kandungan Karbon pada Perlit untuk baja tanpa paduan kira-kira mencapai 0,8%, tetapi pada besi cor kandungan Karbon pada Perlit bervariasi tergantung dari komposisi kimia dan laju pendinginan[1].

Karbida

Karbida pada besi cor putih dapat langsung diidentifikasi dengan adanya karbida primer padat, struktur ini dapat terbentuk disebabkan laju pendinginan yang cepat dan juga karena adanya unsur penstabil karbida. Yang dimaksud dengan karbida padat adalah butiran karbida yang relatif tebal dan memiliki rasio yang rendah antara perbandingan panjang dan lebarnya, sehingga berbeda dengan serpihan

karbida yang terdapat pada Perlit yang tipis dan panjang. Istilah karbida primer diartikan sebagai karbida yang terbentuk selama proses pembekuan langsung dari besi cair dan bukan didapat dari proses perlakuan panas[4].

2.3 Laju Pendinginan

Laju pendinginan sangat berpengaruh terhadap struktur mikro pada besi cor. Pembekuan putih akan terbentuk apabila terdapat komposisi kimia yang tepat dan laju pendinginan yang cepat. Yang dimaksud dengan komposisi kimia yang tepat adalah terdapatnya unsur yang dapat menyetabilkan karbida atau jumlah unsur pendorong terbentuknya grafit kurang (tidak mencukupi). Semakin lambat laju pertumbuhan maka pembekuan kelabu yang akan dominan terjadi, sebaliknya semakin cepat laju pertumbuhan maka pembekuan putih lebih dominan terjadi. Laju pendinginan yang cepat akan menyebabkan besi cor tersebut tidak memiliki waktu cukup untuk membentuk grafit[4].

2.4 Pengujian Keausan

Keausan dapat didefinisikan sebagai hilangnya material dari suatu permukaan yang disebabkan penguraian secara mekanik karena adanya gerakan relatif yang terjadi di permukaan antara suatu benda dengan benda/material lainnya[1]. Pada penelitian ini, pengujian keausan dilakukan dengan metode perbandingan pada beberapa sampel/benda kerja yang memiliki kekerasan yang berbeda. Sampel/benda kerja tersebut kemudian digesekkan (pada kecepatan dan beban penekanan yang sama) dengan benda lain yang memiliki kekerasan lebih rendah dibandingkan sampel/benda kerja. Perbandingan kemudian dilakukan terhadap pengurangan berat dari sampel/benda kerja sebelum dan sesudah pengujian. Sampel/benda kerja yang lebih sedikit pengurangan beratnya dan lebih banyak mengurangi berat dari benda penggeseknya dinyatakan sebagai material yang memiliki ketahanan aus yang lebih baik dibandingkan material yang mengalami kondisi sebaliknya.

3. Metodologi

Pada penelitian ini yang akan dijadikan obyek penelitian adalah sampel dengan ketebalan 5 mm, 15mm dan 30 mm. Ketebalan 15mm dibuat khusus untuk pengujian impact. Komposisi paduan yang akan diteliti adalah kandungan Chromium ditetapkan 1% dan 2%, Silikon ditetapkan 1% dan 1,5%. Untuk kandungan Karbon dibuat tetap 3,4%, begitu pula kandungan Mangan dibuat tetap 0,8%.

Sampel benda dibuat dalam bentuk balok dengan ukuran panjang dan lebar dibuat tetap sebesar 60 mm dan 30 mm

Setelah menetapkan ukuran sampel, langkah selanjutnya menentukan pasangan data, kode pasangan data dan kode sampel yang akan digunakan dalam *Factorial Design*.

Tabel 2. Kode dan Pasangan data

Variabel	kode	-	+
%Chrom	Cr	1	2
%Silikon	Si	1	1,5
Ketebalan (mm)	t	5	30

Tabel 3. Variasi Chromium, Silikon dan tebal benda

No	% Chrom (Cr)	%Silikon (Si)	Ketebalan Benda (mm) (t)
1	1	1	5
2	2	1	5
3	1	1,5	5
4	2	1,5	5
5	1	1	30
6	2	1	30
7	1	1,5	30
8	2	1,5	30

Tabel 4. Kode pasangan data dan kode sampel

No. Variasi Pengecoran	Cr	Si	t	Kode sampel
1	-	-	-	C1t5
2	+	-	-	C2t5
3	-	+	-	C3t5
4	+	+	-	C4t5
1	-	-	+	C1t30
2	+	-	+	C2t30
3	-	+	+	C3t30
4	+	+	+	C4t30

Setelah menetapkan kode pasangan data dan kode sampel, kemudian dilakukan proses pengecoran logam. Sampel yang didapat dari hasil pengecoran logam kemudian dilakukan pengujian komposisi kimia (metode OES), pengujian kekerasan, struktur mikro, *impact* dan keausan.

4. Hasil Dan Pembahasan

Hasil pengujian komposisi kimia didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 5. Komposisi kimia hasil pengecoran

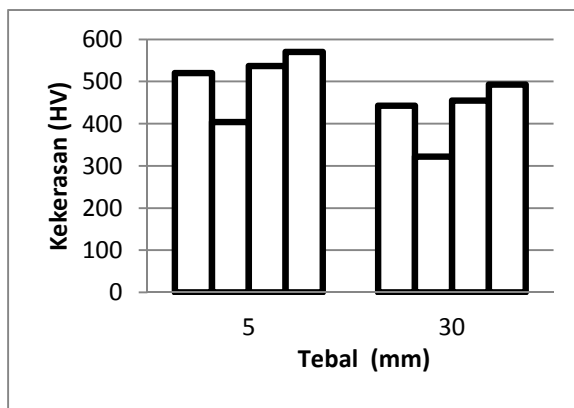
Variasi pengecoran	Komposisi kimia hasil pengecoran (%)			
	C	Si	Mn	Cr
Cor ke 1	3,47	0,95	0,79	0,93
Cor ke 2	3,41	1,47	0,78	0,94
Cor ke 3	3,45	1,52	0,77	1,92
Cor ke 4	3,42	1,03	0,75	1,91

Dari hasil pengujian komposisi kimia, dapat dilihat bahwa komposisi kimia yang didapat dari proses pengecoran telah memenuhi target yang ditetapkan.

Hasil pengujian kekerasan disajikan pada tabel 6 dibawah ini:

Tabel 6. Hasil pengujian kekerasan

Kode Sampel	Rata-rata(HV)
C1t5	519,8
C1t30	442,6
C2t5	403,7
C2t30	322,2
C3t5	536,8
C3t30	454,7
C4t5	569,8
C4t30	492,5

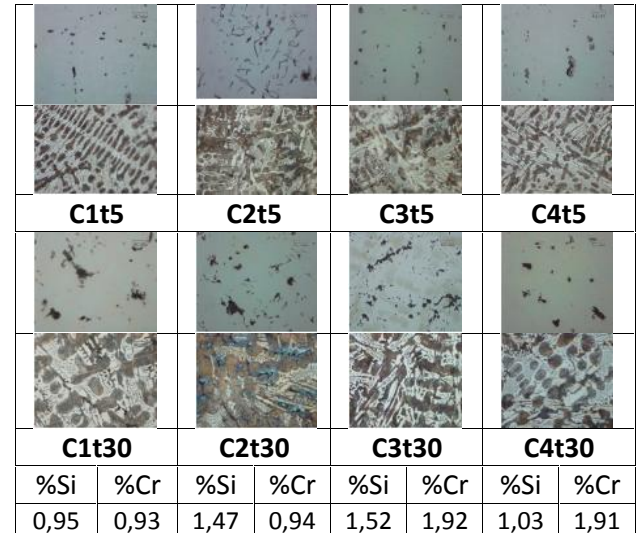


Gambar 1. Grafik hubungan kekerasan dan tebal benda

Dari gambar 1 dapat dianalisa, benda dengan tebal 5 mm selalu memiliki nilai kekerasan yang lebih tinggi dibandingkan benda dengan tebal 30 mm (pada komposisi kimia yang sama). Hal ini disebabkan karena benda tipis memiliki laju pendinginan yang lebih cepat, sehingga lebih cenderung terjadinya pembentukan karbida besi yang jauh lebih banyak dibandingkan benda yang lebih tebal. Laju pendinginan yang cepat

akan menghambat pembentukan grafit. Dengan pembentukan grafit yang sedikit, karbida akan terbentuk lebih banyak.

Untuk hasil pengujian struktur mikro disajikan pada gambar 2 berikut ini:



Gambar 2. Hasil pengujian struktur mikro

Dari hasil pengujian struktur mikro dapat diketahui bahwa dengan bertambahnya unsur Silikon, akan berakibat pada pembentukan grafit yang lebih banyak dan lebih besar serta akan meningkatkan fraksi perlit.

Disisi lain dengan bertambahnya unsur Chromium, akan menekan pembentukan grafit dan fraksi perlit, sedangkan fraksi karbida akan semakin bertambah.

Selanjutnya dilakukan uji *impact*. Pengujian *impact* dilakukan dengan menggunakan mesin uji *impact* tipe pendulum, pada temperatur kamar ($\pm 28^{\circ}\text{C}$). Benda uji yang digunakan adalah tipe tanpa takikan (*unnotched*) berukuran penampang 10 mm x 10 mm dan panjang 55 mm mengacu standar ASTM A327 dan E23. Metoda pengujian adalah metoda *Charpy*.

Data hasil uji *impact* disajikan pada tabel 7 berikut ini:

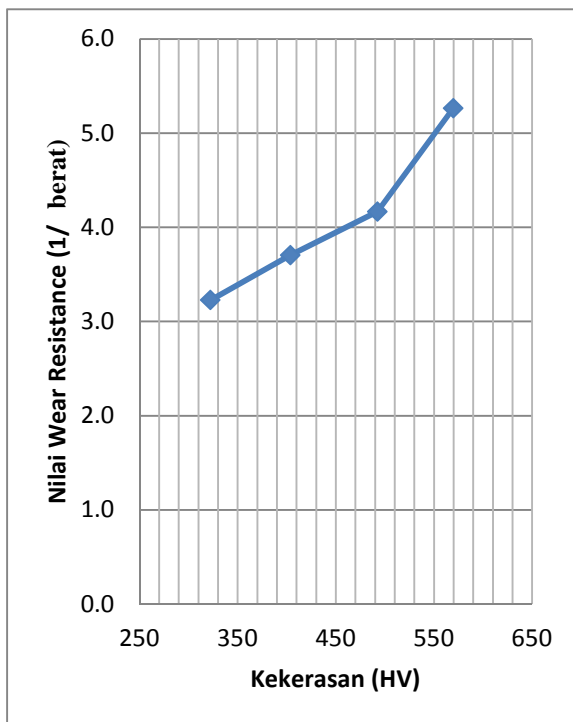
Tabel 7. Hasil uji *impact*

Variasi pengecoran	Rata-rata energi yang diserap (Joule)	
	Tebal 15mm	Tebal 30mm
Cor ke 1	3,2	4,3
Cor ke 2	4,3	4,3
Cor ke 3	3,2	4,3
Cor ke 4	4,3	4,3

Dari tabel 7 menunjukkan bahwa ketahanan *impact* besi cor ini sangat rendah dan hal ini menandakan bahwa besi cor ini memiliki sifat getas. Ukuran ketebalan benda dan komposisi kimia tidak banyak berpengaruh terhadap ketahanan *impact*. Bentuk karbida M_3C yang kontinyu menjadi penyebab rendahnya nilai *impact* besi cor ini.

Pada pengujian ketahanan aus pada penelitian ini tidak dilakukan pada semua sampel benda cor. Pengujian hanya dilakukan pada 4 sampel benda cor yaitu sampel paling keras (C4t5), sampel paling rendah kekerasannya (C2t30) dan dua sampel yang kekerasannya berada diantara kedua sampel tersebut yaitu C2t5 dan C4t30. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan grafik nilai *wear resistance*.

Grafik nilai *wear resistance* disajikan pada gambar 3 berikut ini:



Gambar 3. Grafik nilai *wear resistance* terhadap kekerasan

5. Kesimpulan

Laju pendinginan sangat berpengaruh terhadap pembentukan grafit, perlit, karbida dan nilai kekerasan. Semakin cepat laju pendinginan akan mengakibatkan sulitnya pembentukan grafit yang berakibat pula pada rendahnya fraksi perlit sedangkan pada kondisi ini fraksi karbida akan meningkat yang disertai pula dengan naiknya nilai kekerasan.

Unsur Chromium dan Silikon memiliki efek yang saling bertolak belakang terhadap nilai kekerasan. Chromium semakin tinggi akan meningkatkan fraksi karbida sehingga akan meningkatkan kekerasan, sedangkan Silikon memiliki efek yang berlawanan terhadap nilai kekerasan.

Material ini memiliki nilai *impact* yang rendah untuk berapa pun kandungan Chromium, Silikon dan laju pendinginan. Hal ini disebabkan karena bentuk karbida yang kontinyu, sehingga material ini tidak direkomendasikan untuk benda yang menerima beban *impact*.

Dari pengujian ketahanan aus memperlihatkan, semakin tinggi nilai kekerasan (fraksi karbida M_3C yang banyak) maka akan memiliki nilai *wear resistance* yang semakin tinggi pula.

Referensi/Daftar Pustaka

- [1] Walton, Charles F., Opar, Timothy J. : *Iron Castings Handbook*, Iron Casting Society, Inc.
- [2] Box, G.E.P., Hunter, W.G., dan Hunter, J.S. (1978) : *Statistics for Experiment, An Introduction To Design, Data Anaysis, and Model Building*, Jhon Wiley and Sons, Inc.
- [3] European Standard EN 12513 ; October 2000
- [4] ASM Handbook Volume 15: *Casting* (1998), ASM International
- [5] Laird, George., Gundlach, Richard., dan Klaus Röhrig (2000): *Abrasion Resistant Cast Iron Handbook*, American Foundry Society