

## Pengaruh Lapisan Karbon terhadap Sifat Fisis dan Mekanis pada Solidifikasi Besi Cor Kelabu dalam Cetakan Permanen untuk Tapping Awal

Cahaya Darmoko<sup>1</sup>, Agus Yulianto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura 57102 Telp 0271 717417

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura 57102 Telp 0271 717417

Email : [D200080077@student.ums.ac.id](mailto:D200080077@student.ums.ac.id)

### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh lapisan karbon pada solidifikasi besi cor kelabu dalam cetakan permanen untuk tapping awal. Penelitian ini menggunakan cetakan permanen besi cor ductile (FCD). Metodologi penelitian ini dilakukan dengan melting besi cor dalam tungku induksi kemudian dituang pada cetakan FCD yang dilapisi karbon untuk membuat spesimen besi cor kelabu kemudian diuji sifat-sifat fisis dan mekanis. Pengujian dalam bentuk cairan besi cor kelabu menggunakan alat uji CE Meter lalu pada spesimen besi cor kelabu diuji komposisi kimia dengan spektrometer kemudian diuji kekerasan dan foto mikro yang diambil dari bagian yang kontak langsung dengan udara dan yang kontak langsung dengan cetakan FCD. Hasil penelitian berupa grafik yang diperoleh dari CE Meter menunjukkan temperatur 1332.5°C saat proses tapping awal dituang dalam cetakan dimulai pada grafik yang terbaca CE Meter terjadi penurunan temperatur, pada temperatur liquid 1165°C bentuknya masih cair sampai temperatur solid 1112.3°C sehingga diperoleh nilai CEL=4,08% ; C=3,5% ; dan SI=2,3% dimana besi mulai padat namun masih berwarna merah hingga temperatur 1060°C dan mengeras dalam waktu 180 detik, sedangkan hasil uji komposisi kimia dalam bentuk solid atau padat antara lain : Fe 93,25% ; C 3,69% ; Si 1,94% dan unsur lainnya dibawah 1%. Hasil uji struktur mikro bagian atas kontak langsung dengan udara terdapat grafit berbentuk lamelar sedangkan bagian kontak langsung dengan cetakan FCD terlihat sementit dan hasil uji kekerasan spesimen yang dilapisi karbon sebesar 163,05 kg/mm<sup>2</sup>. Berdasarkan data tersebut dapat disimpulkan bahwa dalam cetakan permanen yang dilapisi karbon terjadi percepatan pembekuan dibagian kontak langsung dengan cetakan FCD sehingga membentuk pembekuan putih.

**Kata kunci : Solidifikasi, molding FCD, spektrometer, struktur mikro, kekerasan**

### ABSTRACT

*This study aims to determine the effect of the carbon coating on the solidification of gray cast iron in a permanent mold for the initial tapping. This study uses a permanent mold cast iron ductile (FCD). The research methodology was conducted with cast iron melting in induction furnace and the poured in molds FCD coated carbon to make gray cast iron specimens were then tested the physical properties and mechanical. Test in liquid from gray cast iron using the CE Meter test equipment and then the specimens tested gray cast iron chemical composition with spectrometer then tested violence and a micro image taken from the direct contact with air and direct contact with the mold FCD. Results of the research is a chart obtained from CE Meter 1332.5°C indicates the temperature during tapping initial cast in the mold begins on the chart that reads CE Meter decreased temperature, in 1165°C liquid temperature shape is still liquid to solid temperature 1112.3°C in order to obtain a value of CEL=4,08% ; C=3,5% ; and SI=2,3% in which iron solid starts but still the red until 1060°C temperature and hardens within 180 seconds, while the chemical composition of the test results in the form of solid or solid without carbon Fe 93,47% ; C 3,50% ; Si 1,97% and coated carbon Fe 93,25% ; C 3,69% ; Si 1,94% for other elements under 1%. The test results microstructure upper direct contact with the air contained in the form lamellar graphite while the mold directly with FCD looks cementite and the results of hardness test specimens without carbon by 229,50 kg/mm<sup>2</sup> while the carbon coated by 163,05 kg/mm<sup>2</sup>. Based on these data we can conclude that the permanent mold coated carbon speeds the freezing section direct contact with the mold to form clots FCD white.*

**Keywords : solidification, molding FCD, spectrometer, microstructure, hardness.**

## Latar Belakang

Dengan semakin majunya teknologi sekarang ini, tuntutan manusia dalam bidang industri akan semakin besar. Kebutuhan akan material besi dalam bentuk baja dan besi cor juga sangat besar.

Industri pengecoran logam merupakan industri hulu dan industri yang menjadi tumpuan bagi industri barang modal khususnya industri komponen. Proses pengecoran adalah proses terbentuknya logam dengan cara mencairkan logam padat dalam tungku dengan temperatur tinggi, kemudian menuangkan logam cair kedalam cetakan dan di biarkan membeku.

Besi cor adalah jenis material yang sudah lama digunakan manusia untuk menunjang kehidupan dalam bentuk peralatan atau komponen rumah tangga, permesinan, alat transportasi dan lain- lain didalamnya terdapat paduan besi yang mengandung karbon, silium, mangan, fosfor, dan belerang. Unsur karbon dalam besi cor berupa sementit, karbon aktif atau grafit. Besi cor digolongkan menjadi enam macam yaitu: besi cor kelabu, besi cor kelas tinggi, besi cor kelabu paduan, besi cor bergrafit bulat, besi cor mampu tempa dan besi cor cil (Surdia dan Chijiwa,1986).

Solidifikasi memungkinkan untuk rekayasa mikro sehingga solidifikasi besi cor menentukan hasilnya pengecoran, dalam besi cor perlakuan panas sangat jarang , Singkatnya , pembekuan adalah pendorong utama sifat-sifat dari proses pengecoran ( Doru M. StefanescuThe Ohio State University, Columbus, Ohio, USA2005).

Untuk itu sangat diperlukan penelitian yang terkait dengan solidifikasi atau pembekuan khususnya untuk material besi cor kelabu.

## Batasan Masalah

1. Pembuatan spesimen besi cor kelabu pada *tapping* awal.
2. *Solidifikasi* dalam cetakan permanen berbahan besi cor nodular (*ductile iron*) yang dilapisi karbon.
3. Pengujian sifat fisis dan mekanis dari spesimen yang di uji.

## Tujuan Penelitian

1. Mengetahui pengaruh lapisan karbon pada *solidifikasi* besi cor kelabu dalam cetakan permanen untuk *tapping* awal.
2. Mengetahui sifat fisis dan mekanis besi cor kelabu dalam cetakan permanen.

### Tinjauan Pustaka

Stefanescu, Doru M. B., Jul (2007) dalam penelitiannya menjelaskan bahwa pembahasan tentang pengaruh pembekuan serpihan *grafit* mikro dan sifat mekanik dari ASTM A-48 besi cor kelabu menggunakan cetakan baja SKD 11, baja karbon sedang S45C dan cetakan baja hot-rolled SS400.

Sifat mekanik ASTM struktural A-48 bahan besi cor kelabu sangat bergantung pada struktur mikro. Bagian *metalografi* diamati secara kuantitatif mengukur struktur mikro yang relevan parameter, sebagai *lamellar grafit morfologi*, ukuran sel *eutektik* dan konten *inklusi*. Hasil berkorelasi dengan yang di ukur sifat mekanik : Konten *grafit* dikurangi meningkatkan kekuatan tarik (Ganwarich Pluphrach, 2010).

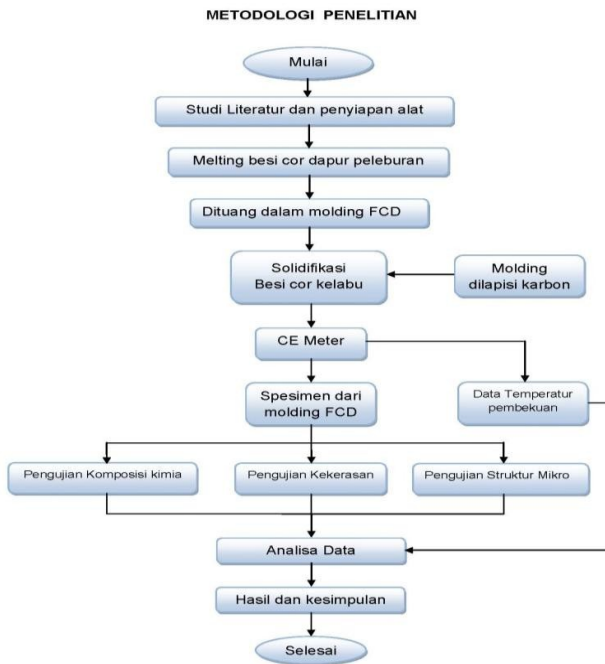
(Akbari M, Buhl S, Leinenbach C, Spolenak R, Wegener K) Sebagian besar komponen otomotif sangat tergantung pada fenomena pembekuan. Solidifikasi pada dasarnya merupakan suatu proses pencapaian kristal padat dari lelehan cairan dengan memiliki zona pembekuan yang sangat tinggi disebagian kecil volume tinggi padat dan pembentukan terkait pori-pori dan retak panas.

Klasifikasi jenis material paduan sangat diperlukan dalam industri mesin, tujuan utama dari penelitian yang

dilakukan adalah untuk melihat sifat-sifat teknologi dan mekanik perbedaan antara besi cor kelabu dengan struktur *grafit lamelar* dan besi cor bulat dengan struktur *grafit nodular* (Kuryloa P, 2012 ). Besi cor kelabu dipakai pada bagian-bagian mobil seperti blok silinder, tutup silinder, rumah engkol, selubung silinder, roda daya, tromol rem, penggunaan pada mesin hidrolis seperti pompa, turbin, rumah-rumah, pengalir dan lain-lain (Surdia Tata, 1991).

Sifat fisis dan mekanis dari proses pembekuan atau *solidifikasi* dari proses pengecoran besi cor kelabu dengan *molding* baja. Pendinginan cepat dilakukan tidak dengan *heat treatment* yang sering di lakukan melainkan dengan menggunakan *molding* baja, sedangkan bagian atas pendinginan kontak langsung dengan udara. Peleburan besi digunakan dapur *induksi*, yaitu dapur peleburan yang sederhana dengan sistem seperti dapur *kupola*.

**Metodologi Penelitian**



**Gambar 1.** Diagram alir penelitian.

**Alat dan Bahan**

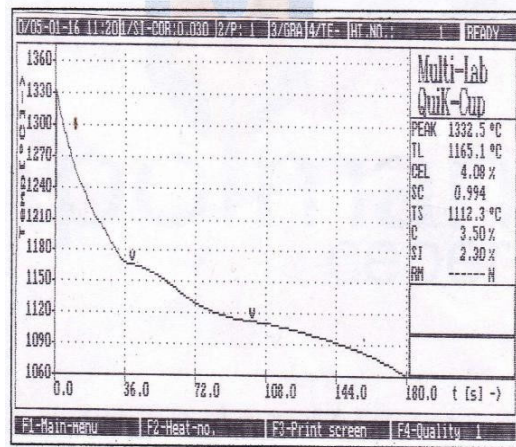
1. Alat penelitian dan Bahan :
  - a. Tungku induksi.  
Untuk *melting* atau peleburan besi
  - b. Cetakan (*mold*).  
Berfungsi untuk mencetak specimen besi cor kelabu.
  - c. Karbon.  
Berfungsi untuk melapisi cetakan (*mold*).
2. *CE Meter*.

Alat yang berfungsi untuk mengetahui suhu temperatur pada saat *tapping* awal dalam keadaan cair sampai membeku.

3. Alat uji kekerasan.  
Merk : Fiture Tech Corp Kapasitas: 29/42 N (93 kgf) -1961 N (200 kgf).  
Fungsi : Mengukur kekerasan.
4. Alat uji foto mikro.  
Merk : Nikon P-III. Kapasitas : 50x,100x,200x,500x. Fungsi : Foto Struktur Mikro.
5. Alat uji komposisi kimia. Merk : Hilger.  
Kapasitas : 20 unsur/2 program (besi cor & steel).  
Fungsi : mengetahui kandungan unsur kimia.
6. Specimen.  
Specimen hasil *solidifikasi*.

**Hasil dan Pembahasan**

1. *CE Meter*.  
Hasil *CE Meter* dapat di lihat pada grafik 1.



**Grafik 1.** Hasil Uji *CE Meter*.

Dari grafik *CE Meter* diatas menunjukkan proses *solidifikasi* dimana temperatur 1332.5°C saat proses

tapping awal dituang dalam cetakan terjadi penurunan temperatur, pada temperatur *liquid* 1165°C bentuknya masih cair sampai temperatur *solid* 1112.3°C sehingga diperoleh nilai CEL=4,08% ; C=3,5% dan Si=2,3% dimana besi mulai padat namun masih berwarna merah hingga temperatur 1060°C dan mengeras dalam waktu 180 detik.

2. Hasil pengujian Komposisi kimia.

Tabel 1. Hasil Pengujian Komposisi.

UNSUR	KODE	Kadar %	
		Tanpa Karbon	Di lapis Karbon
Besi	Fe	93,47	93,25
Karbon	C	3,50	3,69
Silikon	Si	1,97	1,94
Mangan	Mn	0,476	0,490
Fosfor	P	0,021	0,022
Belerang	S	0,031	0,035
kromium	Cr	0,159	0,159
Molibden	Mo	0,000	0,000
Nikel	Ni	0,043	0,042
Aluminium	Al	0,020	0,020
Boron	B	0,0010	0,0011
Kobalt	Co	0,000	0,000
Tembaga	Cu	0,040	0,038
Magnesium	Mg	0,000	0,000
Niobium	Nb	0,002	0,002
Timbel	Pb	0,0021	0,0026
Timah	Sn	0,007	0,010
Titanium	Ti	0,000	0,000
Vanadium	V	0,030	0,061
Wolfram	W	0,046	0,046

Dari hasil pengujian komposisi pada tabel diatas dapat dilihat bahwa spesimen besi cor yang diuji terdapat 20 kandungan unsur kimia dengan kadar yang berbeda.

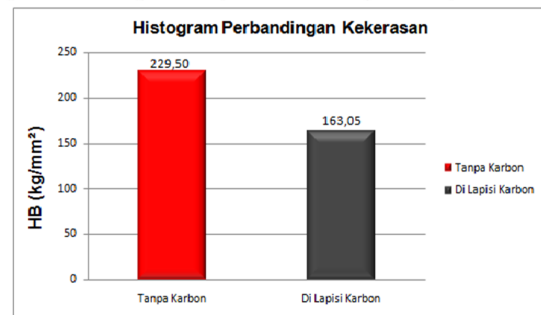
Kadar komposisi tanpa karbon Fe 93,47% ; C 3,50% ; Si 1,97%, sedangkan yang dilapisi karbon Fe 93,25% ; C 3,69% ; Si 1,94%, dan unsur lainnya di bawah 1%.

Untuk penambahan unsur karbon yang sebelumnya kadar karbonnya 3,50% setelah dilapisi karbon menjadi 3.69% sehingga terjadi penambahan karbon sebesar 0,19%.

3. Hasil pengujian kekerasan.

Tabel 2. Hasil Pengujian Kekerasan.

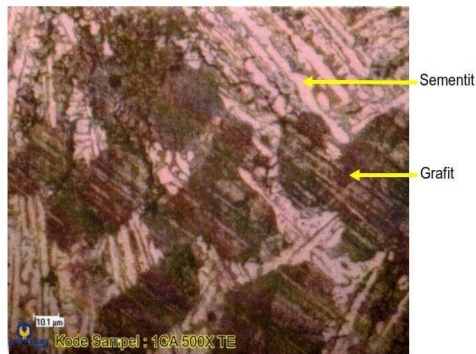
SPECIMEN	KODE	KEKERASAN	HRB	HB kg/mm <sup>2</sup>
1	1	98,38	98,31	229,50
	2	97,78		
	3	98,67		
	4	97,82		
	5	98,90		
1C	1	85,98	85,25	163,05
	2	85,87		
	3	84,13		
	4	84,91		
	5	85,34		



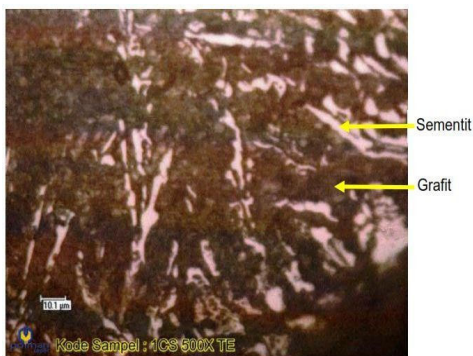
Gambar 2. Histogram Perbandingan Kekerasan.

Berdasarkan dari hasil pengujian kekerasan diatas menggunakan metode SNI 19.0407.1998 dengan beban 981 N dan penetrator ball 1/16". Menunjukkan spesimen 1 tanpa karbon mempunyai nilai kekerasan 229,50 kg/mm<sup>2</sup> sedangkan pada spesimen 1C dilapisi karbon mempunyai nilai kekerasan sebesar 163,05 kg/mm<sup>2</sup>. Ini menunjukkan bahwa spesimen 1 tanpa karbon lebih keras dibandingkan dengan spesimen 1C yang di lapisi karbon.

4. Hasil Pengujian Struktur Mikro.



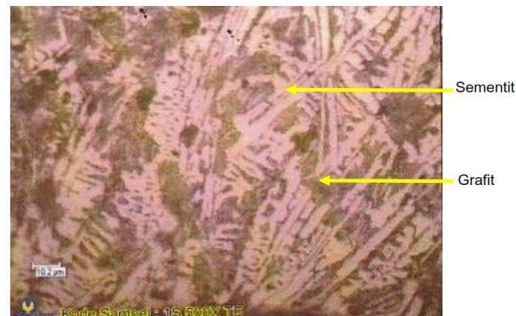
**Gambar 3.** Struktur mikro spesimen 1 (tanpa karbon) bagian atas pembesaran 500x



**Gambar 4.** Struktur mikro spesimen 1 (tanpa karbon) bagian samping pembesaran 500x



**Gambar 5.** Struktur mikro spesimen 1C (dilapisi karbon) bagian atas pembesaran 500x



**Gambar 6.** Struktur mikro spesimen 1C (dilapisi karbon) bagian samping pembesaran 500x

Dari hasil foto mikro yang dilakukan dengan pembesaran 500x setelah etsa menunjukkan hasil seperti uraian berikut:

Gambar 3 dan 4 yang merupakan spesimen 1 tanpa karbon, terlihat adanya *sementit* (bagian yang berwarna merah muda) dan *grafit* (bagian yang berwarna hitam). Pada gambar tersebut bagian atas maupun bagian samping tampak struktur yang mendominasi adalah *sementit*.

Untuk gambar 5 dan 6 yang merupakan spesimen 1C dilapisi karbon, terlihat juga struktur *grafit* dan *sementit* seperti yang sudah ditunjukkan anak panah. Pada gambar bagian atas maupun bagian samping terlihat jelas struktur *grafit* lebih mendominasi.

Dari hasil pengujian struktur mikro dapat diketahui bahwa hasil pengamatan pada besi cor yang dilapisi karbon, struktur *grafit* terlihat lebih banyak karena adanya penambahan unsur karbon pada lapisan cetakan.

**KESIMPULAN**

1. Dalam pengambilan data studi penelitian ini, didapatkan hasil adanya lapisan karbon pada cetakan FCD berpengaruh terjadi percepatan pembekuan sehingga terjadi pembekuan putih.
2. Pada pengukuran CE Meter proses pembekuan akhir terjadi pada temperatur 1060°C dan mengeras dalam waktu 180 detik. Hasil uji komposisi kimia terdapat 20 unsur kimia dengan kadar yang berbeda dan pengamatan struktur mikro ditemukan struktur *grafit* dan *sementit*. Harga kekerasan menggunakan hardness *brinell* spesimen 1 tanpa karbon sebesar 229.50 kg/mm<sup>2</sup> dan spesimen 1C dilapisi karbon sebesar 163.05 kg/mm<sup>2</sup>.

Surdia, T, Chijiwa K, 1991, *Teknik Pengcoran Logam*. Cetakan keenam, Pradnya Paramita. Jakarta.

Surdia, T, Saito S, 1985, *Pengetahuan Bahan Teknik*. Edisi ke 4, Pradnya Paramita. Jakarta.

Stefanescu, Doru M. Jul 2007. “*Modeling Of Cast Iron Solidification*” Tata

McGraw, 7 West Patel Nagar. New Delhi 110 008.

Yulianto, A, 2013. *Desain dan pembuatan produk cylperb skala laboratorium*

**SARAN**

1. Sebelum membuat spesimen perhatikan dulu standar yang akan kita pakai, metode pengujian yang akan kita gunakan dan hal-hal lain agar tidak terjadi kesalahan.
2. Saat proses penuangan cor ke dalam cetakan, sebaiknya dilakukan sekali langsung penuh karna penuangan tambahan dapat menyebabkan cacat pada hasil spesimen .

**DAFTAR PUSTAKA**

Akbari M, Buhl S, Leinenbach C, Spolenak R, Wagener K. *Sebagian besar komponen otomotif sangat bergantung pada fenomena pembekuan*.

Beumer, M.B.J., 1978. *Ilmu Bahan Logam*. PT Bharata Karya Aksara. Jakarta.

Ganwarich P. *Hasil berkolerasi dengan yang di ukur sifat mekanik: konten grafit di kurangi meningkatkan kekuatan tarik*.

Kuryloa P. 2012. *Klasifikasi jenis meterial paduan sangat di perlukan dalam industri mesin*.