

**PENGARUH *PREHEATING* PADA CETAKAN PERMANEN YANG
DILAPISI KARBON TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS HASIL
PENGECORAN BESI COR KELABU**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik**

Oleh:

IKBAL KAMAL MUNGEIN

D 200 140 255

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2019**

HALAMAN PERSETUJUAN

**PENGARUH *PREHEATING* PADA CETAKAN PERMANEN YANG
DILAPISI KARBON TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS HASIL
PENGECORAN BESI COR KELABU**

PUBLIKASI ILMIAH

Oleh:

IKBAL KAMAL MUNGEIN

D 200 140 255

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen

Pembimbing



Agus Yulianto, ST, MT

HALAMAN PENGESAHAN

**PENGARUH *PREHEATING* PADA CETAKAN PERMANEN YANG
DILAPISI KARBON TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS HASIL
PENGECORAN BESI COR KELABU**

OLEH

IKBAL KAMAL MUNGEIN

D 200 140 255

Telah dipertahankan dan di depan Dewan Penguji

Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Surakarta

Pada hari Rabu, 8 Mei 2019

dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1. Agus Yulianto, S.T, M.T

(Ketua Dewan Penguji)

2. Wijianto, ST, M.Eng.Sc.

(Anggota I Dewan Penguji)

3. Ir. Agus Hariyanto, MT

(Anggota II Dewan Penguji)





Dekan

Ir. H. Sri Sunarjono, MT., Ph.D

NIK.682

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam publikasi ilmiah ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan disuatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya diatas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 15 Mei 2019

Penulis



IKBAL KAMAL MUNGEIN

D 200 140 255

**PENGARUH *PREHEATING* PADA CETAKAN PERMANEN YANG
DILAPISI KARBON TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS HASIL
PENGECORAN BESI COR KELABU**

Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh preheating lapisan karbon pada cetakan permanen besi cor kelabu pada suhu 100 °C, 200 °C, 300 °C terhadap sifat fisis dan mekanis. Metode penelitian ini dilakukan dengan melting besi cor dalam tungku induksi kemudian dituang dalam cetakan permanen yang dilapisi karbon untuk membuat spesimen besi cor kelabu kemudian diuji sifat fisis dan mekanis. Pengujian dalam bentuk cairan besi cor kelabu menggunakan alat CE Meter kemudian spesimen yang sudah jadi di uji komposisi kimia, di uji struktur mikro dan di uji kekerasan. Hasil peleburan logam dengan CE Meter didapat temperatur awal saat dituang dalam cetakan 1370 °C, temperatur liquid 1120,2 °C bentuknya masih berupa cair, temperatur solid 1111,1 °C keadaan besi kali ini mulai padat namun masih berwarna merah hingga temperatur akhir 1060 °C dimana keadaan besi telah membeku. Sedangkan hasil uji komposisi kimia dalam bentuk padat antara lain: C=3,9 %; Si=2,2%; Mn=0,4%; P=0,08%; S=0,07%; Cr=0,12%; Zn=0,01%. Hasil pada struktur mikro bagian specimen yang diuji kekerasan Nampak grafit dan ferit, hasil uji kekerasan spesimen dapat disimpulkan bahwa setiap bagian mempunyai tingkat kekerasan yang bervariasi, karena setiap titik yang di uji mempunyai kandungan karbon yang berbeda-beda. Semakin tinggi kandungan karbon maka akan semakin tinggi tingkat kekerasannya.

Kata Kunci : Besi cor kelabu, Solidifikasi, Spectrometer, Struktur mikro, Kekerasan

Abstract

The purpose of this study was to determine the effect of the carbon layer preheating on gray cast iron permanent mold at a temperature of 100 °C, 200 °C, 300 °C for physical and mechanical properties. The research method was carried out by melting cast iron in an induction furnace and then pouring it in permanent carbon-coated molds to make gray cast iron specimens then tested for physical and mechanical properties. Testing in the form of gray cast iron liquid using a CE Meter device then specimens that have been prepared are tested of chemical composition, in the microstructure test and hardness test. The metals melting test results with CE Meter obtained the initial temperature when poured in mold 1370 °C, temperature liquid 1120,2 °C the shape is still in the form of liquid, temperature solid 1111,1 °C the state of iron this time began to solid but still red until the final temperature 1060 °C where the iron has frozen. While the results of chemical tests in solid form include: C=3,9 %; Si=2,2%; Mn=0,4%; P=0,08%; S=0,07%; Cr=0,12%; Zn=0,01%. The results of the microstructure

of the specimens tested for hardness appear graphite and ferrite, the result of the specimen hardness test can be concluded that each part has varying degrees of hardness, because each tested point has a different carbon content, the higher the level of hardness.

Keywords: Gray cast iron, Solidification, Spectrometer, Microstructure, Hardness.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi di Indonesia saat ini meningkat begitu pesat, tuntutan manusia dalam bidang industri pengecoran semakin besar. Pengecoran dapat diartikan sebagai proses manufaktur dengan terbentuknya logam dengan cara mencairkan padat dalam tungku dengan temperatur tinggi, kemudian menuangkan logam cair ke dalam cetakan dan dibiarkan membeku. Pengecoran ini dapat dilakukan dengan material cair, termoplastik dan material lain dapat menjadi cair atau pasta ketika dalam kondisi kering.

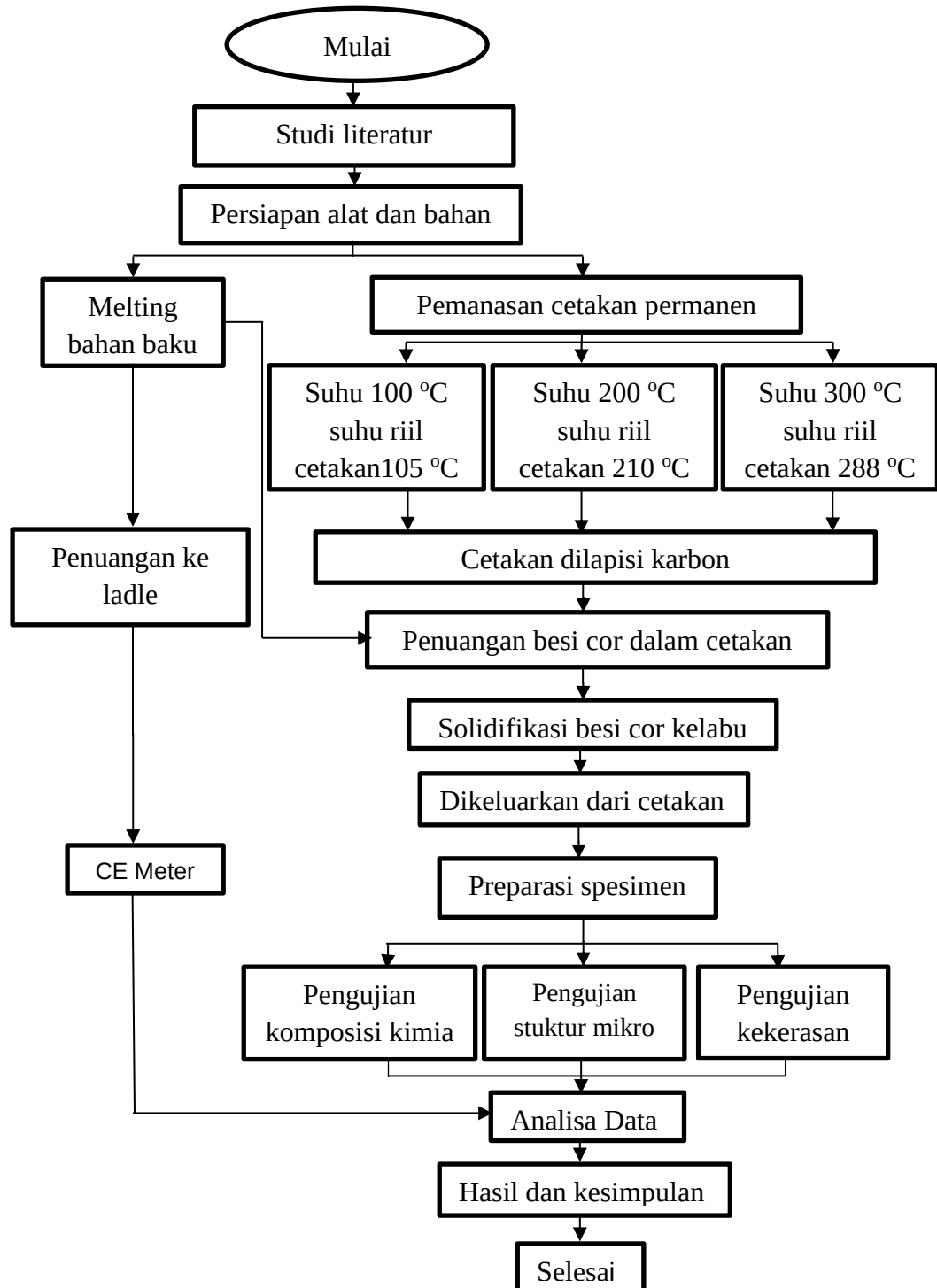
Dalam proses pengecoran terdapat dua macam cetakan yaitu cetakan permanen dan cetakan tidak permanen. Cetakan permanen biasanya terbuat dari baja yang memiliki titik lebur lebih tinggi dari material besi yang dituangkan.

Sebelum dituangnya besi cor maka cetakan permanen yang digunakan harus melakukan preheating. Preheating disini yang dimaksud adalah pemanasan cetakan permanen untuk menaikkan suhu cetakan. Selisih temperatur besi cor cair yang dituang kedalam cetakan tidak boleh terlalu jauh karena akan menimbulkan ledakan jika terlalu jauh. Maka dari itu diperlakukan penelitian tentang preheating yang aman dan karakter logam yang dihasilkan pada temperatur preheating tertentu. Variasi dalam pemanasan cetakan penelitian ini adalah menggunakan suhu 100 °C, 200 °C, 300 °C.

Untuk itu sangat diperlukan penelitian yang terkait tentang preheating cetakan permanen khususnya untuk material besi cor kelabu.

2. METODE

2.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

2.2 Alat dan Bahan Penelitian

i. Alat

1. Tanur Induksi
2. Molding (Cetakan FCD)
3. Kompor Mawar
4. Frame Penyangga
5. Thermocouple dan thermoreader
6. Pyrometer Laser
7. Amplas
8. Spidol
9. Sarung Tangan

ii. Bahan

1. Resin
2. Autosol
3. Kain bludru
4. Besi cor kelabu
5. Karbon serbuk
6. Pelarut solar

2.3 Langkah – langkah Penelitian

Langkah - langkah penelitian antara lain :

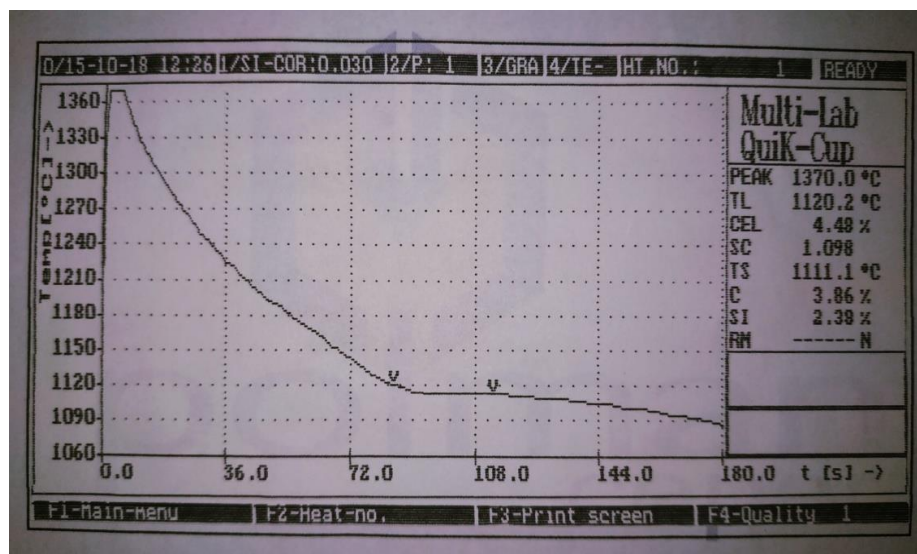
- a. Mempersiapkan alat dan bahan.
- b. Melakukan pemanasan cetakan.dengan suhu 100, 200, 300
- c. Melakukan proses pengecoran dengan material besi cor kelabu dengan menggunakan cetakan permanen.
- d. Menganalisa laju pendinginan
- e. Memeriksa hasil pengecoran.
- f. Pemotongan spesimen dengan menggunakan wire cut.
- g. Masukkan specimen ke dalam cetakan dan di resin.
- h. Melakukan proses pemolesan menggunakan autosol dan kain bludru.
- i. Melakukan pengujian komposisi kimia.

- j. Melakukan pengujian struktur mikro
- k. Melakukan pengujian kekerasan
- l. Pengujian selesai.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Penelitian

3.1.1 Hasil Uji CE Meter



Gambar 2 Grafik Hasil dari Pengujian Peleburan

Hasil uji peleburan logam dengan CE meter di dapat temperatur awal saat dituang dalam cetakan 1370 °C, temperatur *liquid* 1120,2 °C bentuknya masih berupa cair, temperatur *solid* 1111,1 °C keadaan besi kali ini mulai padat namun masih berwarna merah hingga temperatur akhir 1060 °C dimana keadaan besi telah membeku.

Dari hasil data tersebut dapat diketahui *Carbon Equivalent Value*

dengan rumus sebagai berikut:
$$CEV = \%C + \frac{(\%Si + \%P)}{3}$$

Dimana :

CEV : *Carbon Equivalent Value*

C : Total kandungan karbon (%)

Si : Kandungan silicon (%)

P : Kandungan fosfor (%)

Sehingga, $CEV = 3,86 + \frac{(2,39+0)}{3}$

CEV : 4,65 %

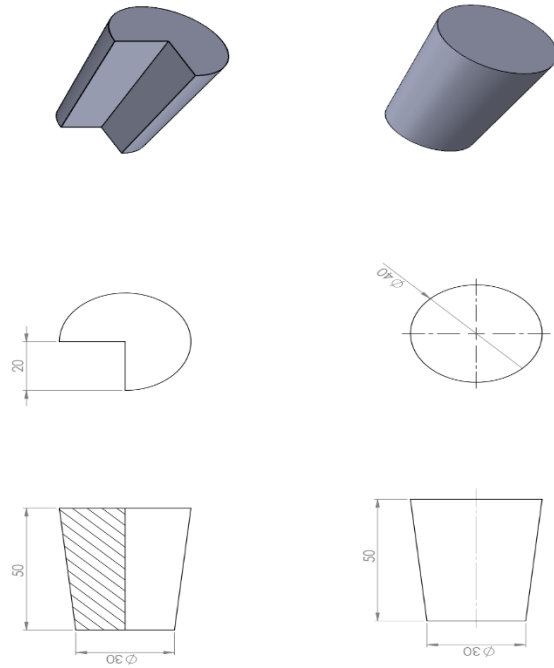
Dengan demikian dapat diketahui bahwa persentase *Carbon Equivalent Value* diatas 4,65 %. Besi cor dengan presentase *Carbon equivalent* diatas 4,65 % disebut *hipereutektik*.

3.1.2 Hasil Pengujian Komposisi Kimia

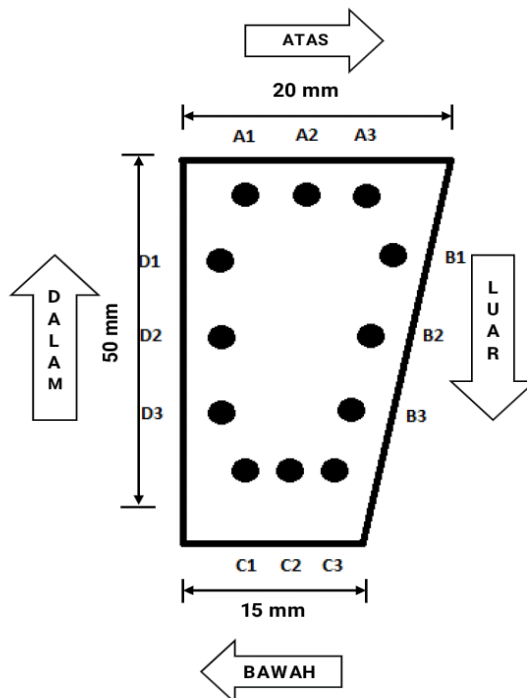
Tabel 1 Hasil Uji komposisi kimia

UNSUR	SPESIMEN PENGUJIAN	
	18/S1151 (%)	Standar Deviasi
Fe	92,85668	0,09070
C	3,9121	0,07930
Si	2,2655	0,00048
Mn	0,40290	0,00545
P	0,08874	0,01458
Cr	0,07115	0,00401
S	0,12073	0,00230
Zn	0,01036	0,00028
Sb	<0,0000	0,00000
Mg	<0,0000	0,00000
Sn	0,01289	0,00215
Ti	0,00039	0,00041
Cu	0,22182	0,00415
Mo	0,00123	0,00168
Ni	0,03234	0,00370
V	0,00250	0,00078
Al	<0,0000	0,00000
B	<0,0000	0,00000
Co	<0,0000	0,00000
Pb	0,00067	0,00033

3.1.3 Hasil Pengujian Kekerasan dan Foto Stuktur Mikro

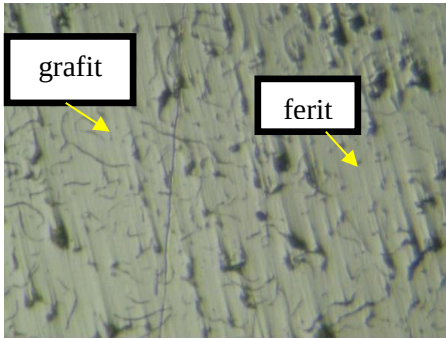
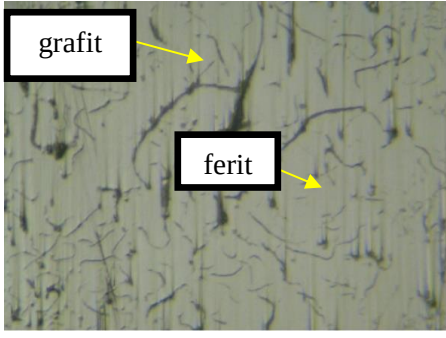
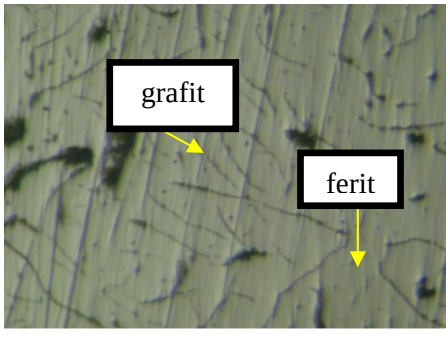


Gambar 3 Teknik Potongan Spesimen



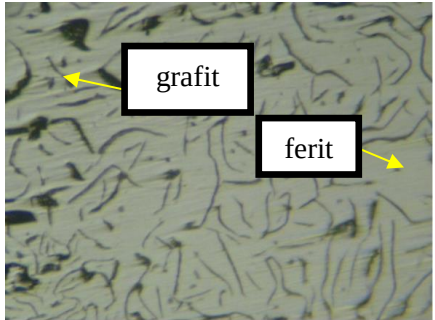
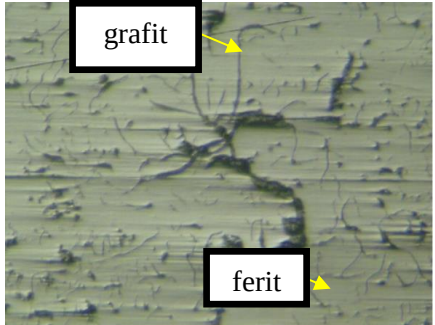
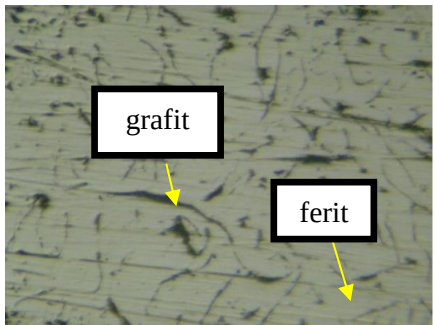
Gambar 4 Spesimen Atas Bawah Karbon Solar yang Diuji Kekerasan Berjumlah 12 Titik.

Tabel 2 Hasil uji kekerasan dan foto stuktur mikro spesimen besi cor kelabu
temperatur cetakan 100 °C, 200 °C, 300 °C Area A

NO	Lokasi Pada Area A	Hasil Kekerasan (HRC)	Temperatur (°C)	Hasil Foto Mikro Posisi Area A
1	A	55	100	
2	A	53	200	
3	A		300	

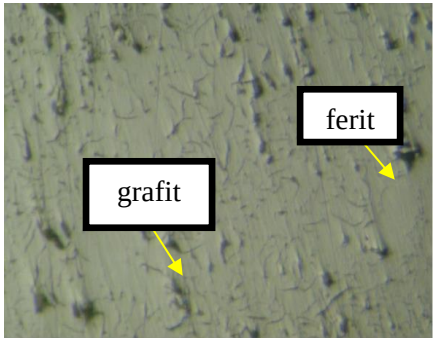
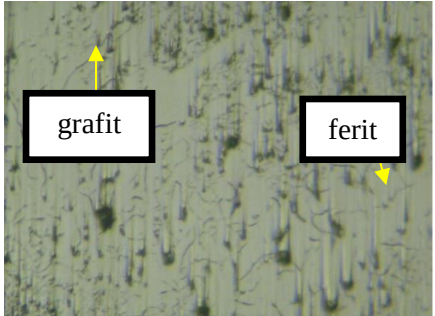
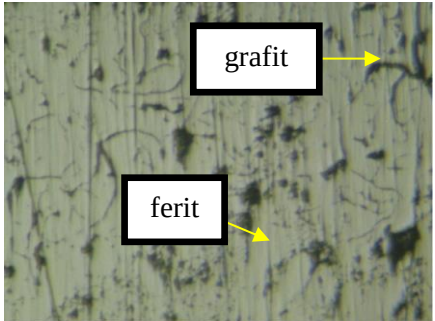
Gambar 5 Hasil Foto Mikro Spesimen Besi Cor Kelabu Yang Dilapisi Karbon
Solar dengan Temperatur Cetakan 100 °C, 200 °C, 300 °C Area A

Tabel 3 Hasil uji kekerasan dan foto stuktur mikro spesimen besi cor kelabu
temperatur cetakan 100 °C, 200 °C, 300 °C Area B

NO	Lokasi Pada Area B	Hasil Kekerasan (HRC)	Temperatur (°C)	Hasil Foto Mikro Posisi Area B
1	B	54	100	 Micrograph showing the microstructure of gray cast iron at 100 °C. The image displays a matrix of ferrite (labeled 'ferit' with a yellow arrow) and dark, irregularly shaped graphite nodules (labeled 'grafit' with a yellow arrow).
2	B	57	200	 Micrograph showing the microstructure of gray cast iron at 200 °C. The image displays a matrix of ferrite (labeled 'ferit' with a yellow arrow) and dark, irregularly shaped graphite nodules (labeled 'grafit' with a yellow arrow).
3	B	51	300	 Micrograph showing the microstructure of gray cast iron at 300 °C. The image displays a matrix of ferrite (labeled 'ferit' with a yellow arrow) and dark, irregularly shaped graphite nodules (labeled 'grafit' with a yellow arrow).

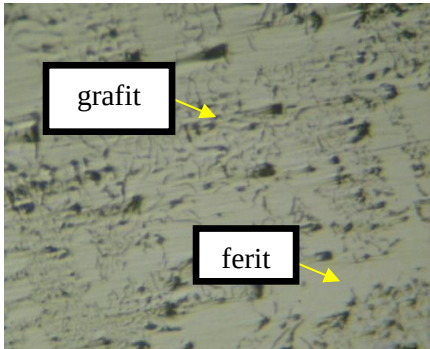
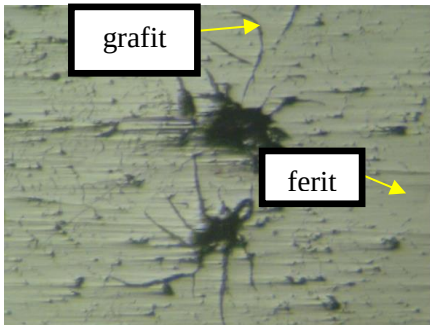
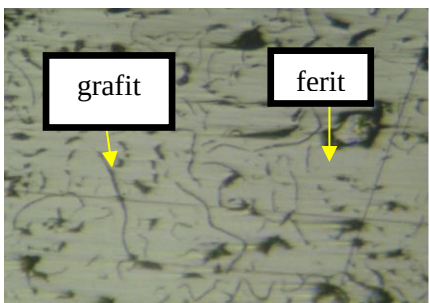
Gambar 6 Hasil Foto Mikro Spesimen Besi Cor Kelabu Yang Dilapisi Karbon
Solar dengan Temperatur Cetakan 100 °C, 200 °C, 300 °C Area B

Tabel 4 Hasil uji kekerasan dan foto stuktur mikro spesimen besi cor kelabu temperatur cetakan 100 °C, 200 °C, 300 °C Area C

NO	Lokasi Pada Area C	Hasil Kekerasan (HRC)	Temperatur (°C)	Hasil Foto Mikro Posisi Area C
1	C	55	100	 Micrograph showing the microstructure of a cast iron specimen at 100 °C. The image displays a matrix of ferrite (labeled 'ferit' with a yellow arrow) and graphite (labeled 'grafit' with a yellow arrow).
2	C	63	200	 Micrograph showing the microstructure of a cast iron specimen at 200 °C. The image displays a matrix of ferrite (labeled 'ferit' with a yellow arrow) and graphite (labeled 'grafit' with a yellow arrow).
3	C	55	300	 Micrograph showing the microstructure of a cast iron specimen at 300 °C. The image displays a matrix of ferrite (labeled 'ferit' with a yellow arrow) and graphite (labeled 'grafit' with a yellow arrow).

Gambar 7 Hasil Foto Mikro Spesimen Besi Cor Kelabu Yang Dilapisi Karbon Solar dengan Temperatur Cetakan 100 °C, 200 °C, 300 °C Area C

Tabel 5 Hasil uji kekerasan dan foto stuktur mikro spesimen besi cor kelabu temperatur cetakan 100 °C, 200 °C, 300 °C Area D

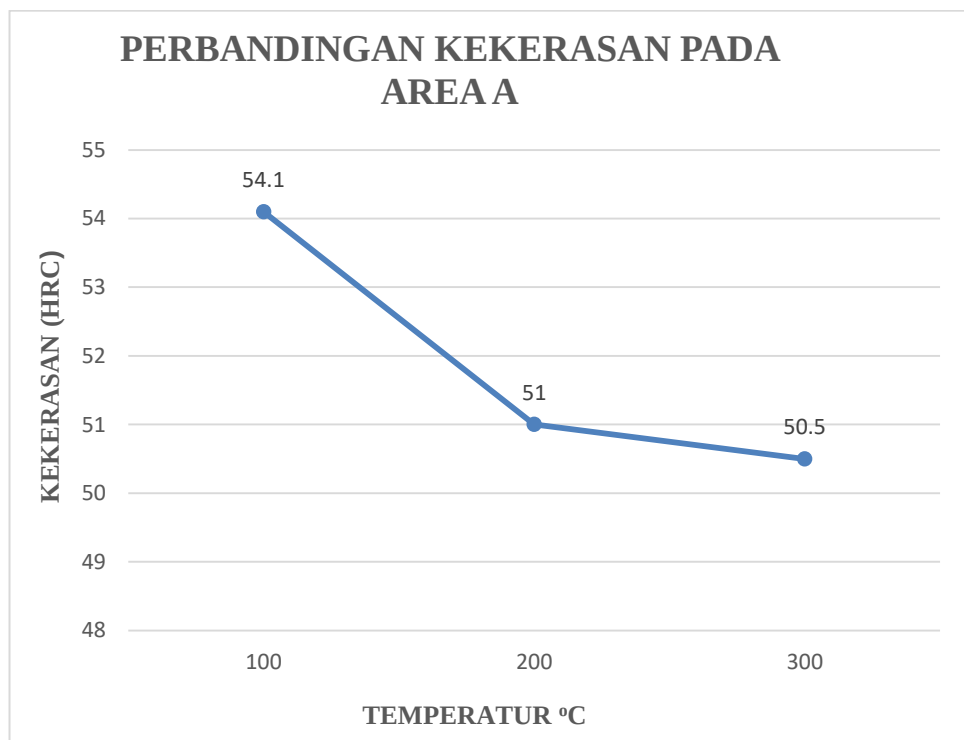
NO	Lokasi Pada Area D	Hasil Kekerasan (HRC)	Temperatur (°C)	Hasil Foto Mikro Posisi Area D
1	D	54	100	
2	D	54	200	
3	D	53	300	

Gambar 8 Hasil Foto Mikro Spesimen Besi Cor Kelabu Yang Dilapisi Karbon Solar dengan Temperatur Cetakan 100 °C, 200 °C, 300 °C

3.1.4 Perbandingan Kekerasan Rata-Rata per Area

Tabel 6 Perbandingan Kekerasan Area A

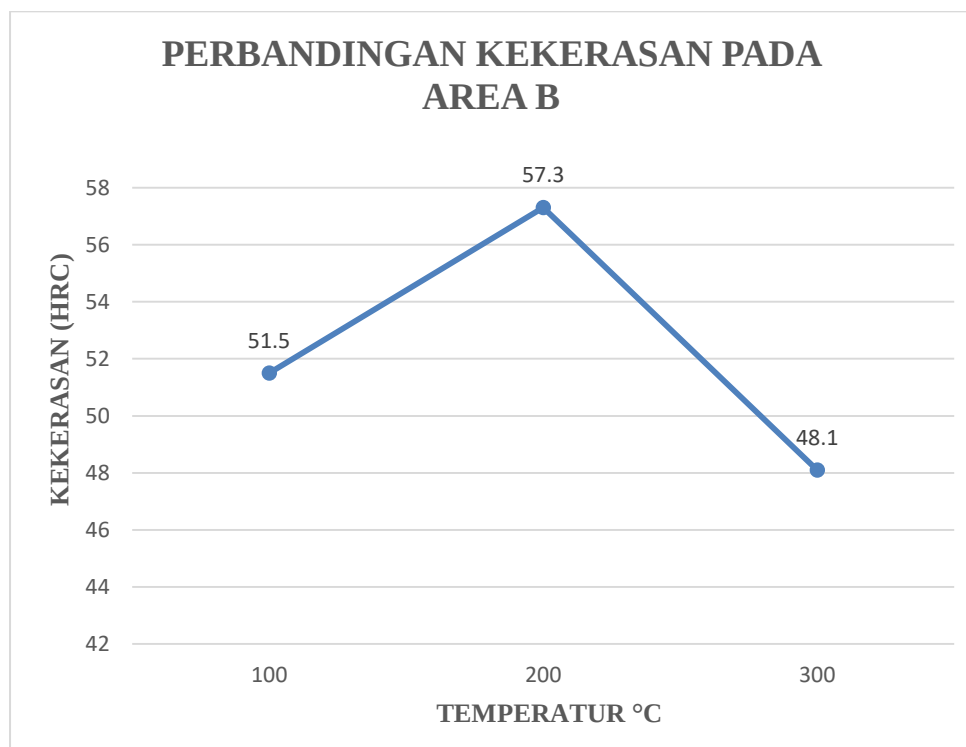
Temperatur cetakan (°C)	Kekerasan (HRC)
100	54.1
200	51
300	50.1



Gambar 9 Grafik Spesimen Besi Cor Kelabu Yang Dilapisi Karbon Solar Dengan Perbandingan Kekerasan Pada Area A

Tabel 7 Perbandingan Kekerasan Area B

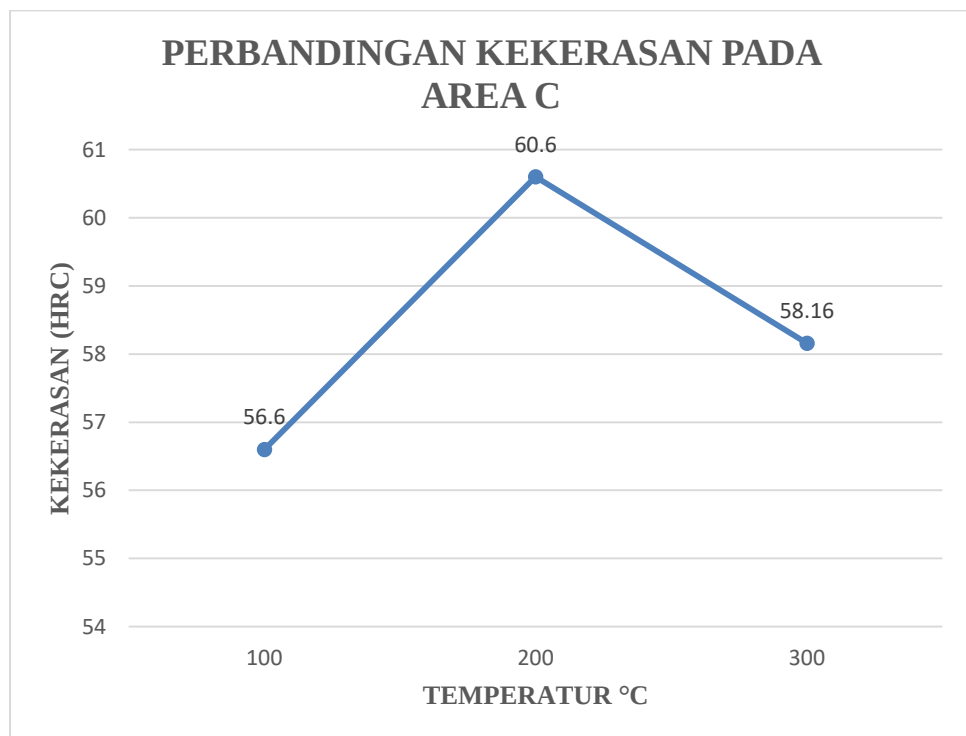
Temperatur cetakan (°C)	Kekerasan (HRC)
100	51.5
200	57.3
300	48.1



Gambar 10 Grafik Spesimen Besi Cor Kelabu Yang Dilapisi Karbon Solar Dengan Perbandingan Kekerasan Pada Area B

Tabel 8 Perbandingan Kekerasan Area C

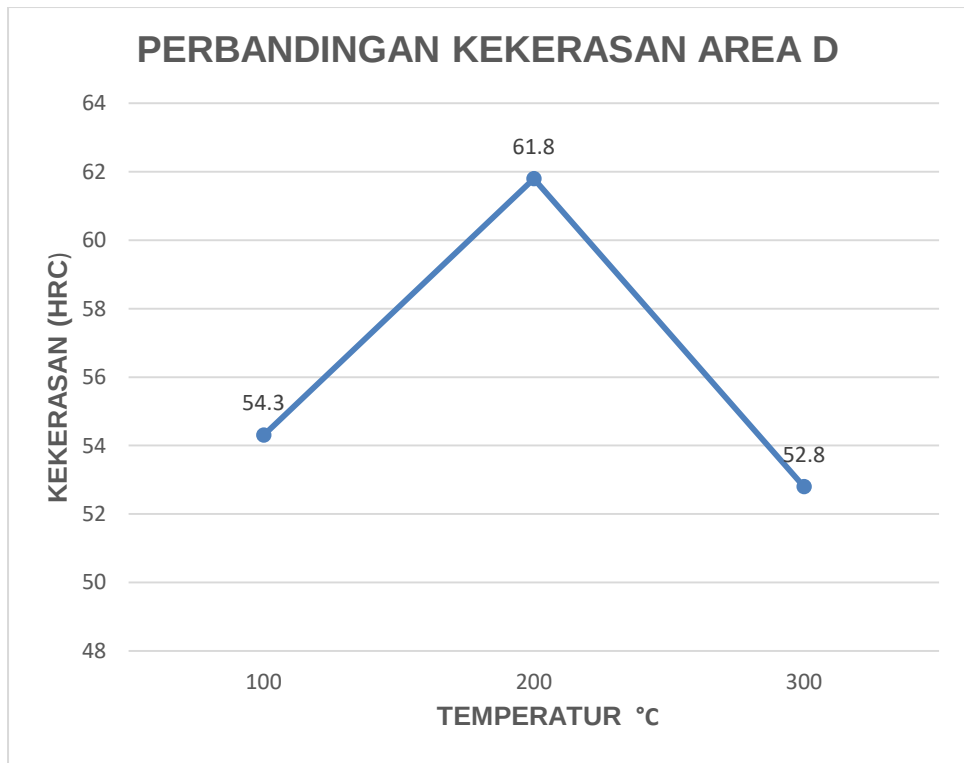
Temperatur cetakan (°C)	Kekerasan (HRC)
100	56.6
200	60.6
300	58.16



Gambar 11 Histogram Spesimen Besi Cor Kelabu Yang Dilapisi Karbon Solar Dengan Perbandingan Kekerasan Pada Area C

Tabel 9 Perbandingan Kekerasan Area D

Temperatur cetakan (°C)	Kekerasan (HRC)
100	54.3
200	61.8
300	52.8

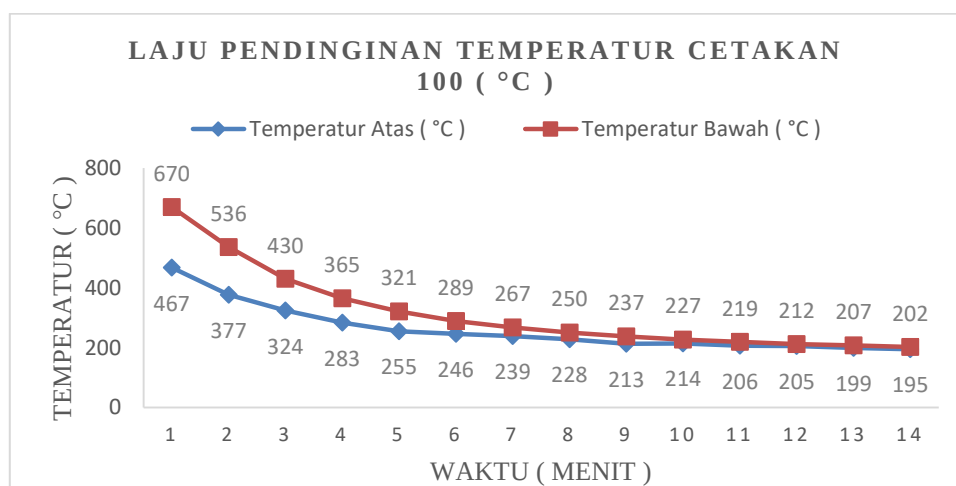


Gambar 12 Grafik Spesimen Besi Cor Kelabu
Yang Dilapisi Karbon Solar Dengan Perbandingan Kekerasan
Pada Area D

3.1.5 Hasil Laju Pendinginan Temperatur Pada Spesimen Besi Cor Kelabu Yang Dilapisi Karbon Per Menit (60 detik)

Tabel 10 Laju Pendinginan pada Spesimen Besi Cor Kelabu Yang Dilapisi Karbon Dengan Temperatur Cetakan 100 °C

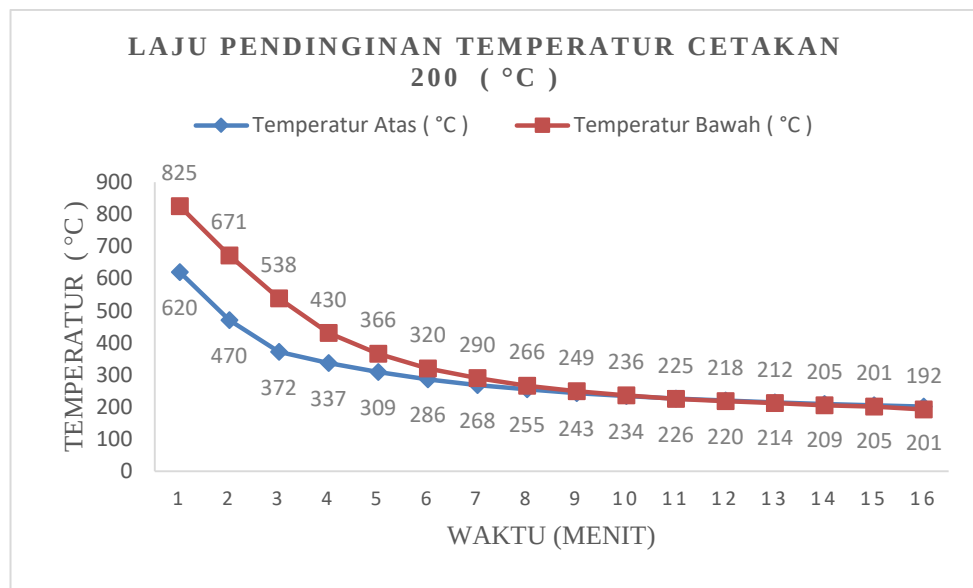
NO	Temperatur karbon Atas (°C)	Temperatur karbon Bawah (°C)
1	467	670
2	377	536
3	324	430
4	283	365
5	255	321
6	246	289
7	239	267
8	228	250
9	213	237
10	214	227
11	206	219
12	205	212
13	199	207
14	195	202



Gambar 13 Grafik Laju Pendinginan Spesimen Besi Cor Kelabu Yang Dilapisi Karbon Dengan Temperatur Cetakan 100 °C

Tabel 11 Laju Pendinginan pada Spesimen Besi Cor Kelabu Yang Dilapisi Karbon Dengan Temperatur Cetakan 200 °C

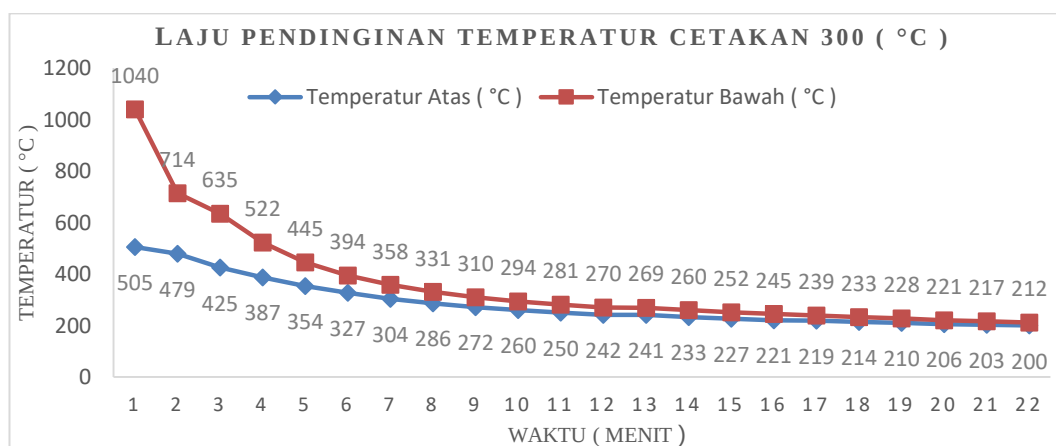
NO	Temperatur Karbon Atas (°C)	Temperatur Karbon Bawah (°C)
1	620	825
2	470	671
3	372	538
4	337	430
5	309	366
6	286	320
7	268	290
8	255	266
9	243	249
10	234	236
11	226	225
12	220	218
13	214	212
14	209	205
15	205	201
16	201	192



Gambar 14 Grafik Laju Pendinginan Spesimen Besi Cor Kelabu Yang Dilapisi Karbon Dengan Temperatur Cetakan 200 °C

Tabel 12 Laju Pendinginan pada Spesimen Besi Cor Kelabu Yang Dilapisi Karbon
Dengan Temperatur Cetakan 300 °C

NO	Temperatur karbon Atas (°C)	Temperatur Karbon Bawah (°C)
1	505	1040
2	479	714
3	425	635
4	387	522
5	354	445
6	327	394
7	304	358
8	286	331
9	272	310
10	260	294
11	250	281
12	242	270
13	241	269
14	233	260
15	227	252
16	221	245
17	219	239
18	214	233
19	210	228
20	206	221
21	203	217
22	200	212



Gambar 15 Grafik Laju Pendinginan Spesimen Besi Cor Kelabu Yang Dilapisi Karbon Dengan Temperatur Cetakan 300 °C

3.2 Pembahasan

3.2.1 Pembahasan Uji Komposisi Kimia

Hasil dari pengujian komposisi kimia pada besi cor dapat diartikan bahwa material tersebut merupakan besi cor kelabu dengan penyusun utama Besi (Fe) sebesar 92,85% berpengaruh pada kekuatan dan kekerasan. Karbon (C) sebesar 3,9121% untuk meningkat kekerasan besi, Silicon (Si) sebesar 2,2655% menambah kekuatan baja. Mangan (Mn) sebesar 0,4029% untuk memperbaiki dan meningkatkan kekuatan, kekerasan dan keuletan, Phospor (P) sebesar 0,08874% menjadikan baja lebih getas. Khrom (Cr) sebesar 0,07115% meningkatkan kekuatan tarik, tahan korosi, serta tahan pada suhu tinggi. Sulfat (S) 0,12073% meningkatkan sifat mampu mesin. Seng (Zn) sebesar 0,01036% untuk meningkatkan sifat kekeasannya. Timah (Sn) sebesar 0,01289% untuk meningkatkan kekerasan dan kekuatan tarik. Titanium (Ti) sebesar 0,00039% pembentukan ferit dan kerbida. Tembaga (Cu) sebesar 0,22182% mempunyai sifat menghantar listrik yang tinggi, daya hantar panas dan tahan karat. Nikel (Ni) sebesar 0,03234% meningkatkan sifat keuletan dan tahan karat. Vadium (V) sebesar 0,00250% memperbaiki kekuatan tarik.

3.2.2 Pembahasan Uji Struktur Mikro

Hasil pada struktur mikro bagian spesimen yang diuji kekerasan nampak grafit dan ferit. Grafit adalah bentuk Kristal karbon yang lunak dan rapuh mempunyai berbagai bentuk dan ukuran dari potongan-potongannya yaitu halus dan besar, serpih, atau asteroid, bergumpal atau bulat sedangkan ferit adalah larutan padat interstisi dari atom-atom karbon pada besi murni. Sifatnya lunak dan ulet.

3.2.3 Pembahasan Uji Kekerasan *Rockwell*

Setelah melakukan pengujian kekerasan dapat diketahui bahwa Dari hasil pengujian kekerasan dengan menggunakan alat uji kekerasan *Rockwell* dapat disimpulkan bahwa setiap bagian mempunyai tingkat kekerasan yang bervariasi, karena setiap titik yang diuji mempunyai kandungan karbon yang berbeda-beda.

Semakin tinggi kandungan karbon maka akan semakin tinggi tingkat kekerasannya.

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisa data dan pembahasan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- a. *Preheating* pada temperatur 100, 200 ,300 ° C pada cetakan permanen menghasilkan beragam kecepatan penurunan temperaturnya, semakin tinggi temperatur *preheatingnya* semakin lama proses penurunan temperaturnya. Pada pengujian tarik plat baja ST37 yang diketahui tegangan tarik tertinggi
- b. Berdasarkan data hasil pengujian yang diperoleh dari CE meter maka diperoleh kandungan karbon (C) sebesar 3.86%, kandungan *silicon* (Si) sebesar 2.39% dan kandungan *fosfor* (P) sebesar 0%. Dengan demikian dapat diketahui bahwa besi cair dengan kandungan karbon sebesar 3.86% maka pada saat membeku disebut besi cor kelabu.
- c. Hasil pada struktur mikro bagian spesimen yang diuji kekerasan nampak grafit dan cementit yang berseragam tergantung dari tingkat kekerasannya. Hasil uji kekerasan spesimen pada temperatur 100 ° C adalah A1: 53.5 HRC, 54 HRC dan 55 HRC, B1: 51 HRC, 54 HRC dan 49.5 HRC, C1: 58 HRC, 57 HRC dan 55 HRC, D1: 56 HRC, 54 HRC dan 53 HRC, uji kekerasan spesimen pada temperatur 200 ° C adalah A1: 50 HRC, 50 HRC dan 53 HRC, B1: 50 HRC, 57 HRC dan 65 HRC, C1: 59 HRC, 60 HRC dan 63 HRC, D1: 60 HRC, 64.5 HRC dan 61 HRC, sedangkan uji kekerasan pada spesimen pada temperatur 300 ° C adalah A1: 50 HRC, 51 HRC dan 49.5 HRC, B1: 48 HRC, 45.5 HRC dan 51 HRC, C1: 62 HRC, 57.5 HRC dan 55 HRC, D1: 53 HRC, 50.5 HRC dan 55 HRC. Dan harga kekerasan tertinggi yaitu pada spesimen temperatur 200 ° C bagian B3: 65 HRC sedangkan harga kekerasan terendah yaitu pada spesimen temperatur 300 ° C bagian B2: 45.5 HRC. Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa setiap bagian mempunyai tingkat kekerasan yang

bervariatif karena setiap titik yang di uji mempunyai kandungan karbon yang berbeda-beda. Semakin tinggi kandungan karbon maka akan semakin tinggi tingkat kekerasannya.

4.2 Saran

Berdasarkan dari penelitian yang telah di lakukan ini, penulis masih menyadari adanya kekurangan. Maka dari itu penulis memberi saran sebagai berikut :

- a. Saat proses penelitian berjalannya koordinasi dalam tim sangatlah penting baik dalam membuat dokumentasi, pembuatan spesimen maupun dan proses pengujian spesimen, guna menggunakan data yang akurat.
- b. Hal yang perlu diperhatikan pada saat melakukan pengujian struktur mikro dan kekerasan sebaiknya benda uji benar-benar diperhatikan kerataannya dan kehalusannya agar tidak menjadi penghambat dalam melakukan pengujian.
- c. Melakukan pengujian lebih dari satu kali atau berulang, guna untuk mendapatkan hasil yang lebih valid.
- d. Untuk penelitian selanjutnya perlu merubah variasi yang lebih baik lagi untuk dijadikan sebuah penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbari M, Buhl S, Leinenbach C, Spoleak R, Wagener K. *Sebagian besar komponen otomotif sangat tergantung pada fenomena pembekuan.*
- Darmoko C, 2016. “ *Pengaruh lapisan karbon terhadap sifat fisis dan mekanis pada solidifikasi besi cor kelabu dalam cetakan permanen untuk tapping awal* ”, Tugas Akhir S-1, UMS, Surakarta.
- Dunia Erie. “ Besi Cor Kelabu ”. 19 juli 2010. <http://mantantukanginsinyur.blogspot.co.id/2010/07/19/besi-cor-kelabu.html>
[14 juli 2016./17;03](http://mantantukanginsinyur.blogspot.co.id/2010/07/19/besi-cor-kelabu.html)
- Ganwich Pluphrach. 2010. *Hasil berkolerasi dengan yang diukur sifat mekanik: Konten grafit dikurangi meningkatkan kekuatan tarik.*

- Hamdy, Arifin.2015. “*Diagram Keseimbangan Besi-karbon*”.
[\(http://hamdysrifin.blogspot.com/215/04/diagram-besi-carbon.html/m=1](http://hamdysrifin.blogspot.com/215/04/diagram-besi-carbon.html/m=1)
diakses tanggal 2 januari 2019 pukul 15.30).
- Kuryloa P.2012. *Klarifikasi jenis material paduan sangat diperlukan dalam industri mesin.*
- Martanta, Teguh Christy.2016. *Pengaruh Preheating Pada Cetakan Permanen Terhadap Sifat Fisis Dan Besi Cor Kelabu.* UMS Surakarta.
- Nugroho, S.B.,2002, Tugas Akhir: *Penelitian Sifat Fisis dan Mekanis Besi Cor Nodular / FCD 50 Hasil Pengecoran dengan Material Steel Scrap Tanpa Inokulasi*,UMS,Surakarta.
- Sefnath.2013.“ *Diagram CCT*”
[\(http://sefnath.blogspot.com/2013/09/perlakuan-panas-heat-treatment.html/m=1](http://sefnath.blogspot.com/2013/09/perlakuan-panas-heat-treatment.html/m=1)
diakses tanggal 2 januari 16.00)
- Sudjana, Hardi. 2008 . *Teknik Pengecoran* . Direktorat Sekolah Menengah Kejuruan . Jakarta.
- Surdia, T dan Saito, S. 1992. *Teknik Pengecoran Logam. Penerbit Pradnya Paramita.* Jakarta.
- Surdia, T , Chijawa K, 1991, *Teknik Pengecoran Logam. Cetakan keenam, Pradnya Paramita.* Jakarta.
- Surdia, T , Chijawa K, 2000, *Teknik Pengecoran Logam. Cetakan kedelapan, Pradnya Paramita.* Jakarta.
- Yulianto, A, 2016. *Pengecoran besi cor kelabu dengan menggunakan cetakan besi cor ulet yang telah dipanaskan.*