

PENGARUH *AUSTEMPERING* TERHADAP BENTUK DAN UKURAN GRAFIT SERTA SIFAT TRIBOLOGIS BESI COR KELABU UNTUK KOMPONEN REM KERETA API

*Yusuf Umardani¹, Agrie F Mizan²

¹Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH, Tembalang-Semarang 50275, Telp. +622476480655

*E-mail: yusufumardani@undip.ac.id, agriefrandymizan@gmail.com

Abstrak

Di Indonesia sendiri komponen rem kereta logam masih diproduksi secara industri rumahan. Bahan baku yang digunakan adalah dengan memanfaatkan logam bekas. Dengan memanfaatkan logam bekas biaya produksi menjadi rendah. Namun disamping biaya produksi rendah, bahan baku barang bekas dapat menyebabkan mutu rem yang diproduksi menjadi rendah dikarenakan adanya unsur paduan pada logam barang bekas. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan mutu blok rem kereta api yang adadengan cara meningkatkan kekerasan serta meningkatkan ketahanan aus abrasif gesek pada roda kereta api. Untuk meningkatkan daya tahan rem kereta maka dapat dilakukan proses perlakuan panas. Sehingga produk rem dari bahan besi cor dapat ditingkatkan nilai ketangguhannya. Proses penelitian ini adalah dengan melakukan proses perlakuan panas *Austemper* terhadap spesimen besi cor untuk rem kereta untuk meningkatkan ketangguhannya terhadap beban gesek maupun tekan. Proses *Austemper* sendiri yaitu memanaskan spesimen *gray iron* hingga temperature austenite 900°C menggunakan *furnance chamber* dengan frekuensi menengah dengan waktu 120 menit. Untuk kemudian dilakukan proses perlakuan *Austemper* yaitu dicelup pada *salthbath* dengan larutan garam KNO₃ dengan variasi penahanan temperatur pada temperature 375 °C dengan variasi penahanan waktu yang berbeda, Yaitu 30, 60, dan 120 menit. Sehingga dihasilkan peningkatan kekerasan sesuai dengan lama penahanan waktu penahanan *Austemper*.

Kata kunci: *Austempering*, *Salth Bath*, Besi cor Kelabu, Tahanan Aus, Blok Rem Kereta

Abstract

In Indonesia , Train Brake shoe component are produced at home industry. They use scrap as a raw material. Using scrap as a raw material as a purpose of production cost can be cheaper. Beside a lower cost production, using a scrap as a substance have other disadvantages. Low quality of brake product, because another substance in raw material came from scrap. This experiment mean to improve quality of Railway's brake pad formerly by increase hardness also abrasive wear resistance cause from train wheels. To increase hardness, heat treatment process are used. So that the toughness of railway's brake shoe can be increased. This research are doing Austempering process on speciment cast iron for Brake Shoe to increase toughness toward friction and compression load. Austempering process is a kind of Heat Treatment that heat specimentt until austenite temperatur circa 900°C using furnacchamber with holding time 120min in medium frequency. And then quench at salthbath at 375°C with variation of holding time, 30, 60 and 120 minute. so the reasult are the different hardness value depend on adiferent holding time at Austempering process.

Keywords: *Austempering*, *Salth Bath*, *Gray Iron*, *Wear Resistance*, *Railway's Brake Pad*

1. PENDAHULUAN

Ditunjukkan pada Tabel 1 bahwa kebutuhan meningkatnya peminat pengguna kereta api menyebabkan peningkatan jam terbang armada kereta api. Oleh karena itu setiap armada butuh perawatan yang ekstra agar komponennya dapat bekerja optimal.

Adapun upaya-upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi dampak tersebut di atas yaitu dengan melakukan proses perawatan yang baik dan teratur dan dibutuhkan pula komponen rem yang unggul. Yaitu komponen rem kereta yang memiliki tahanan aus yang tinggi, seperti rem komposit. Akan tetapi dikarenakan biaya produksi rem komposit yang tinggi, serta produksi yang rumit, maka komponen rem logam yang sudah ada dapat dioptimalkan dengan melakukan proses *heat treatment*. sehingga proses ini dapat dapat diaplikasikan pada produsen rumahan seperti pada daerah Ceper Klaten. Dari data statistik KNKT bahwa 60 % kecelakaan anjlok kereta adalah disebabkan komponen

rem yang tidak bekerja optimal. Pada umumnya komponen rem metalik kereta api hanya mampu bertahan kurang dari satu bulan sehingga pergantian komponen harus wajib dilakukan sesering mungkin apabila penggunaannya sudah mencapai batas maksimal.

Tabel 1. Data Peningkatan pengguna Kereta Api KNKT [1].

Perfoma Kereta Api	Tahun				
	2004	2005	2006	2007	2008
Jumlah lokomotif kereta & Gerbong (unit)	6278	5407	5296	5222	5569
Jumlah Penumpang yang diangkut (Juta Orang)	149,99	151,49	161,28	168,21	197,77
Jumlah barang yang diangkut (Juta Ton)	17,454	17,328	17,483	16,820	19,553
Jumlah kecelakaan karena kereta tabrakan	37	25	29	23	22
Jumlah kecelakaan karena kereta anjlog	91	66	73	117	95

Bahan baku yang digunakan adalah dengan memanfaatkan logam bekas. Dengan memanfaatkan logam bekas biaya produksi menjadi rendah. Namun disamping biaya produksi rendah, bahan baku barang bekas dapat menyebabkan mutu rem yang diproduksi menjadi rendah dikarenakan adanya unsur paduan pada logam barang bekas. Untuk meningkatkan daya tahan rem kereta maka dapat dilakukan proses perlakuan panas. Sehingga produk rem dari bahan besi cor dapat ditingkatkan nilai ketangguhannya. Proses penelitian ini adalah dengan melakukan proses perlakuan panas terhadap spesimen besi cor untuk rem kereta untuk meningkatkan ketangguhannya terhadap beban gesek maupun tekan. Proses *Austemper* sendiri yaitu memanaskan spesimen *gray iron* hingga temperature austenite 900°C menggunakan *furnance chamber* dengan frekuensi menengah dengan waktu 120 menit. Untuk kemudian dilakukan proses perlakuan *Austemper* yaitu dicelup pada *saltbath* dengan larutan garam KNO_3 dengan penahanan temperatur pada temperature 375°C dengan variasi penahanan waktu yang berbeda, yaitu 30, 60, dan 60 menit.

Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan proses pengecoran material *Gray Iron* untuk spesimen awal sebagai sampel dari rem kereta api, kemudian dilakukan proses pengerasan dengan perlakuan panas metode *Austempering*. Meningkatkan nilai kekerasan dan keausan spesimen uji sehingga melebihi nilai kekerasan serta keausan spesimen pembandingan dari spesimen Blok Rem yang ada. Memanipulasi Fasa yang terdapat pada struktur mikro material rem besi cor kelabu. Melakukan pengujian tingkat nilai keausan pada masing-masing sampel. Melakukan pengujian nilai kekerasan pada masing-masing sampel dan meningkatkan kualitas Rem Kereta yang sudah ada.

2. METODOLOGI PENELITIAN

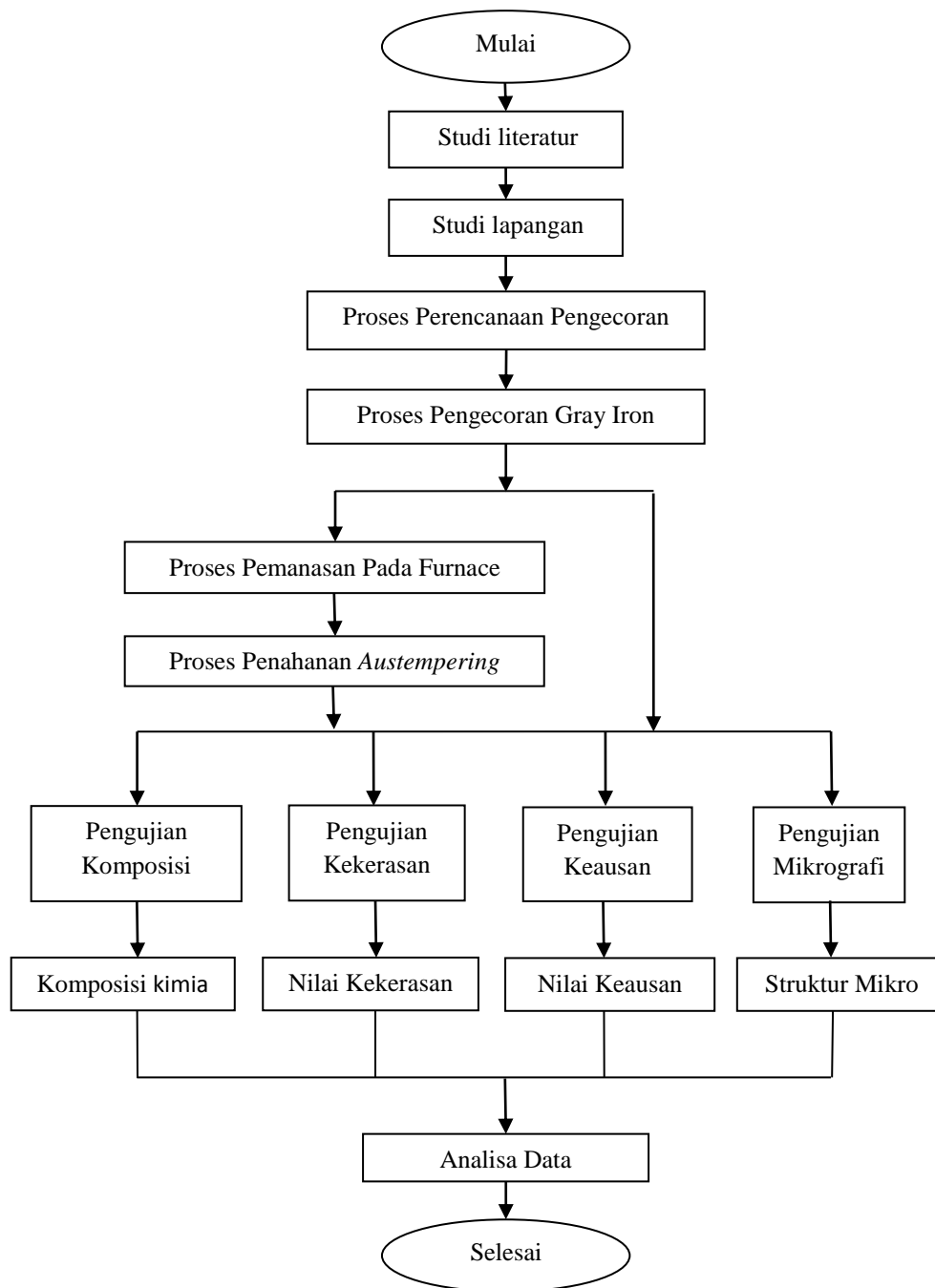
Langkah langkah penelitian ini dimulai dengan Studi literatur, yaitu dengan studi mengenai komposisi serta spesifikasi awal rem kereta api. Kemudian dilakukan studi lapangan yaitu terjun langsung pada depo KA Semarang Poncol dan Balai Yasa Yogyakarta untuk mendapatkan spesifikasi dari rem yang telah ada. Setelah didapat spesifikasi komposisi, kemudian membuat replikasi sampel rem dengan besi cor kelabu pada pabrik pengecoran logam PT Sayuti, Ceper, Klaten. Untuk kemudian diuji kembali nilai komposisi kimia yang diperoleh. Setelah komposisi kimia yang diperoleh dari uji komposisi spektrometri, proses yang dilakukan adalah penggolongan menurut standar yang sudah ada, yaitu FC 30 menurut standar dari JIS. Kemudian sampel rem dipreparasi untuk proses *Austempering* dengan variasi lama penahanan waktu yang berbeda, yaitu antara 30 menit, 60 menit dan, 120 menit. Untuk kemudian tiap masing-masing spesimen dilakukan pengujian *metalografi*, uji keras, dan uji Aus.

Dari penelitian ini diharapkan hasil dari pengujian didapatkan material rem kereta yang memiliki kekerasan dan ketahanan aus yang tinggi. Dari pengujian tersebut, blok rem kereta api yang sudah ada masih dapat dioptimalkan kembali. Dengan mengubah Fasa pada struktur mikronya, yang pada dasarnya merupakan besi cor Perlitik dimana fasa pada struktur mikronya adalah didominasi Fasa perlit, diubah menjadi Fasa Bainit yang memiliki keuletan, dan ketangguhan, serta kekerasan yang tinggi dibanding Fasa Perlit, yang tujuannya untuk mengawetkan rem terhadap gesekan abrasif oleh roda kereta.

Dari hipotesis awal diharapkan terbentuk fasa Bainit pada struktur mikro pada material besi cor Rem kereta yang telah dilakukan proses *Austempering*. Media yang dipakai pada proses penahanan suhu pada *austempering* adalah garam kimia KNO_3 dengan temperatur kerja sekitar 350°C diatas temperatur M_s atau temperatur terbentuknya martensit yaitu 250°C.

2.1 Diagram Alir Penelitian

Langkah-langkah penelitian mengacu pada diagram alir di bawah:



Gambar 1. Flowchart penelitian

2.2 Bahan Uji

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah spesimen besi cor kelabu jenis FC30 spesimen ini memiliki spesifikasi dari hasil pengecoran dengan dimensi :

Tabel 2. Data spesifikasi spesimen cor yang dibuat

Bentuk	Ukuran		Jumlah	Jenis Cetakan
	d (mm)	l (mm)		
Silinder Pejal	20	505	3	Sandcasting



Gambar 2. Spesimen Uji

2.3 Alat Pengujian *Austempering*

Adapun peralatan yang digunakan dalam melakukan penelitian *Austempering* ini adalah sebagai berikut :

- > Dapur Pemanas Furnace Chamber
- > Kompor Gas
- > Panci Salth Bath
- > Garam KNO_3
- > Termometer



Gambar 3. *Furnace Chamber* dan *Salth Bath* dengan Garam KNO_3

2.4 Uji Komposisi

Uji komposisi dilakukan untuk mengetahui kandungan komposisi kimia dari hasil pengecoran dan untuk menggolongkan besi cor sesuai dengan standar yang sudah ada. Pengujian komposisi ini dilakukan pada laboratorium Politeknik Manufaktur Pengecoran Ceper Klaten.



Gambar 4. Spektrometer POLYVAC E2000

2.5 Uji Kekerasan Rockwell

Pengujian kekerasan ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh pemanasan *Austempering* terhadap sifat mekanis kekerasan material yang didapat pada variasi lama waktu penahanan FC 30 dalam *Salthbath*



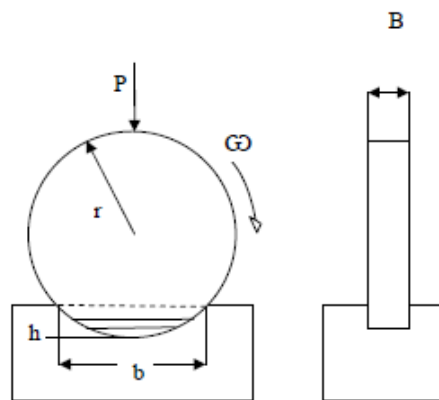
Gambar 5. Alat Uji Kekerasan *Rockwell*



Gambar 6. Indentor Alat Uji *Rockwell*

2.6 Uji Aus Ogoshi

Pengujian keausan dilakukan untuk mengetahui pengaruh lama waktu penahanan dan peningkatan kekerasan pada spesimen juga berpengaruh pada laju keausan spesimen FC30 untuk rem Kereta Api



Gambar 7. Skema Ilustrasi pengujian Aus *Ogoshi*

Dimana:

- Ws = Keausan spesifik (mm^2/kg)
- B = Tebal revolving disc (mm)
- r = Jari-jari revolving disc (mm)
- b = Lebar celah material yang terabrasi (mm)
- x = Jarak luncur [setting pada mesin uji (m)]
- l = Jarak tempuh proses pengausan (mm)
- P = Beban tekan saat pengausan (kg)
- ω = Kecepatan putar (rpm)
- V = Laju keausan (mm^3/m)

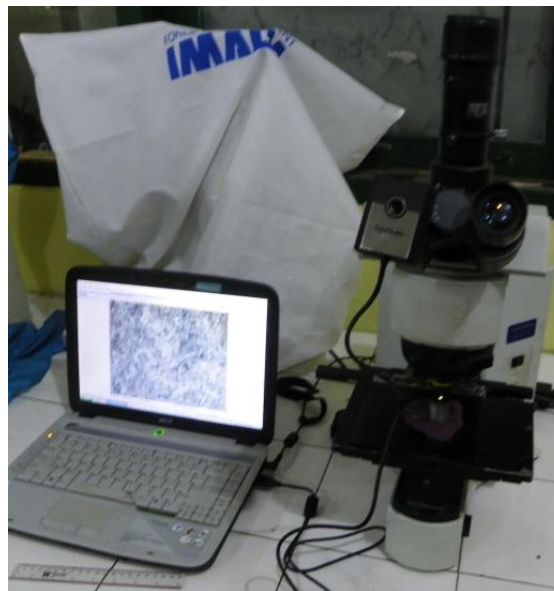
Laju keausan dinyatakan dengan jumlah kehilangan atau pengurangan massa tiap satuan panjang luncuran atau satuan waktu.



Gambar 8. Alat uji Aus Ogoshi

2.7 Uji Mikrografi

Pengujian mikrografi menggunakan mikroskop optik. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui evolusi struktur mikro yang terjadi pada spesimen besi cor kelabu FC30 sebelum dan sesudah dilakukannya proses *Austempering*.



Gambar 9. Perangkat Alat uji Mikrografi

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengujian Komposisi

Pengujian komposisi kimia dilakukan di Laboratorium Politeknik Manufaktur Pengecoran Logam, Ceper, Klaten dengan menggunakan Spektrometer Emisi. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kandungan /Komposisi kimia yang terkandung dalam spesimen besi cor kelabu, yang terlebih dahulu dibuat *chill*. Berikut Menunjukkan hasil pengujian komposisi kimia besi cor kelabu FC30 beserta dengan Komposisi pembandingan dari spesimen PT KAI.

Tabel 3. Komposisi Unsur pada spesimen FC30,FC25 dan SAE G3000

Unsur (%)	Spesimen		
	FC25 (KAI)JIS	SAE G3000 (ASTM)	Hasil Uji FC30
Fe	Balance	Balance	92,94
C	3,10 - 3,40	Min 3,40	3,59
Si	1,60 - 2,20	1,20 - 2,10	2,09
Mn	0,30 - 0,60	0,47 - 0,54	0,434

P	< 0.1	-	0,087
S	< 0.2	-	0,012
Cr	-	-	0,0157
Mo	-	-	0,042
Ni	-	-	0,056
Al	-	-	0,080
B	-	-	0,0004
Co	-	-	0,061
Cu	-	-	0,082
Mg	-	-	0,011
Nb	-	-	0,026
Pb	-	-	0,0141
Sn	-	-	0,011
Ti	-	-	0,016
V	-	-	0,036
W	-	-	0,075

Dari hasil uji komposisi diatas menunjukkan bahwa spesimen uji besi cor kelabu yang dibuat dari proses pengecoran memiliki kandungan karbon yang lebih tinggi dari komposisi yang diberikan oleh PT KAI yaitu JIS FC25. Pada spesimen yang dibuat dapat digolongkan besi cor kelabu jenis JIS FC30 dikarenakan kandungan komposisi karbonnya lebih tinggi.

3.2 Hasil Pengujian Kekerasan Rockwell

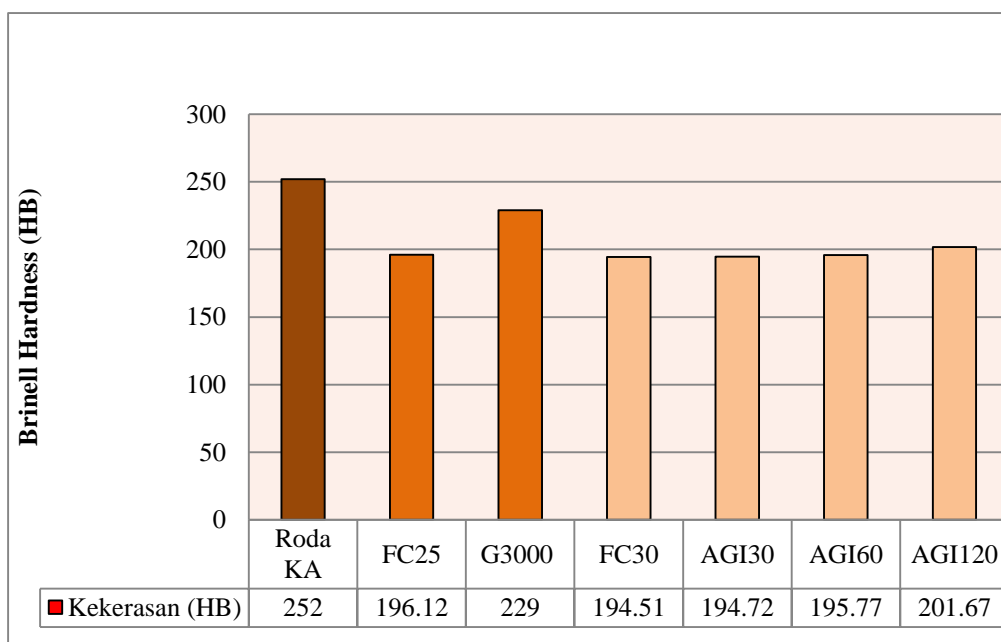
Dari hasil pemanasan *Austempering* dan penahanan dalam *salthbath*, dengan tujuan meningkatkan kekerasandan ketangguhan spesimen rem metalik FC30. Proses pengujian ini dilakukan dengan memanaskan spesimen dalam Furnace selama 2 jam kemudian mencelupkannya dalam larutan *Salthbath* dan ditahan dengan variasi waktu penahanan yang berbeda pada suhu 375⁰C. Adapun hasil dari perlakuan panas ini adalah peningkatan kekerasan, berikut ini adalah tabel peningkatan kekerasan material Rem Kereta besi cor FC30.



Gambar 10. Spesimen Uji Kekerasan

Tabel 4. Nilai Kekerasan Spesimen Setelah di Austemper

Spesimen	Nilai Kekerasan (HRC)	Nilai konversi (HB)
FC 25 (KAI) JIS	-	178,97 - 196,12
SAE G3000 (ASTM)	-	179,00 - 229,00
Spesimen Cor FC 30	12,083	194,51
<i>Austemper</i> 30, AGI 30	12,132	194,72
<i>Austemper</i> 60, AGI 60	12,384	195,77
<i>Austemper</i> 120, AGI 120	13,828	201,67



Gambar 11. grafik perbandingan nilai kekerasan Spesimen FC30 serta hasil Austemper dari FC30

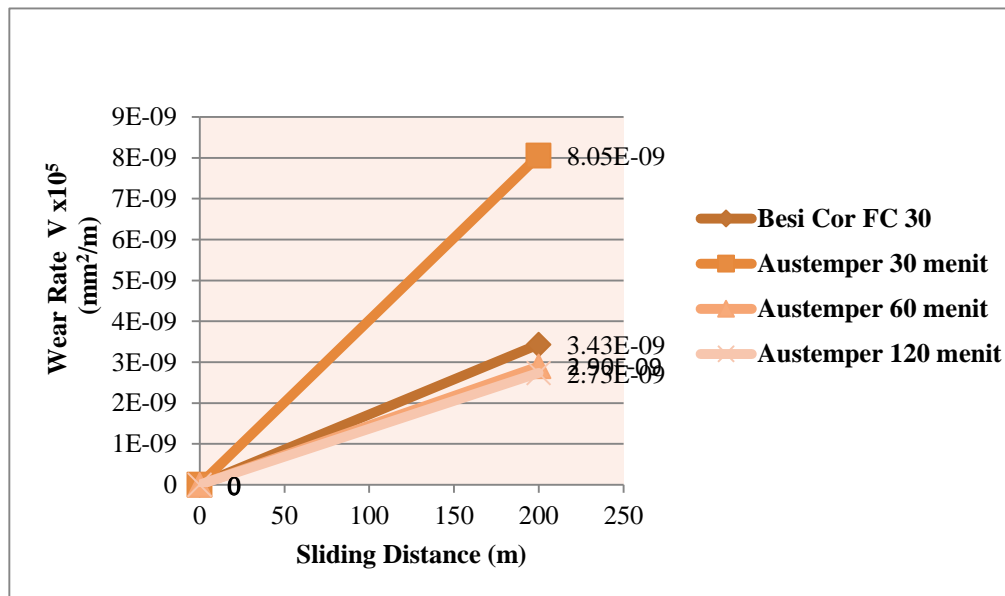
Dari hasil uji kekerasan rockwell, dapat diketahui bahwa proses perlakuan panas *Austempering* dapat meningkatkan kekerasanspesimen logam FC30, hal ini dapat dilihat bahwa kekerasan FC30 adalah 194,51 HB setelah dilakukan *Austempering* dan variasi penahanan temperatur pada *salthbath*, didapatkan peningkatan nilai kekerrasan untuk masing-masing spesimen adalah : AGI30-194.72HB,AGI60-195.77HB dan, AGI120-201.67HB. dari hasil ini disimpulkan bahwa semakin lama penahanan waktu pencelupan pada *Salthbath*, maka nilai kekerasan yang dihasilkan semakin Meningkat.

3.3 Hasil Pengujian Aus

Pengujian Keausan dilakukan dengan menggunakan metode ogoshi dilakukan di Laboratorium Bahan Teknik Mesin dan Industri Universitas Gajahmada. Pada pengujian ini didapat laju keausan dan parameter yang digunakan yaitu dengan jarak gesekan pada spesimen sejauh 200m.



Gambar 12. Spesimen uji Aus



Gambar 13. Grafik hasil nilai laju keausan spesimen FC30 sebelum dan sesudah *Austempering*

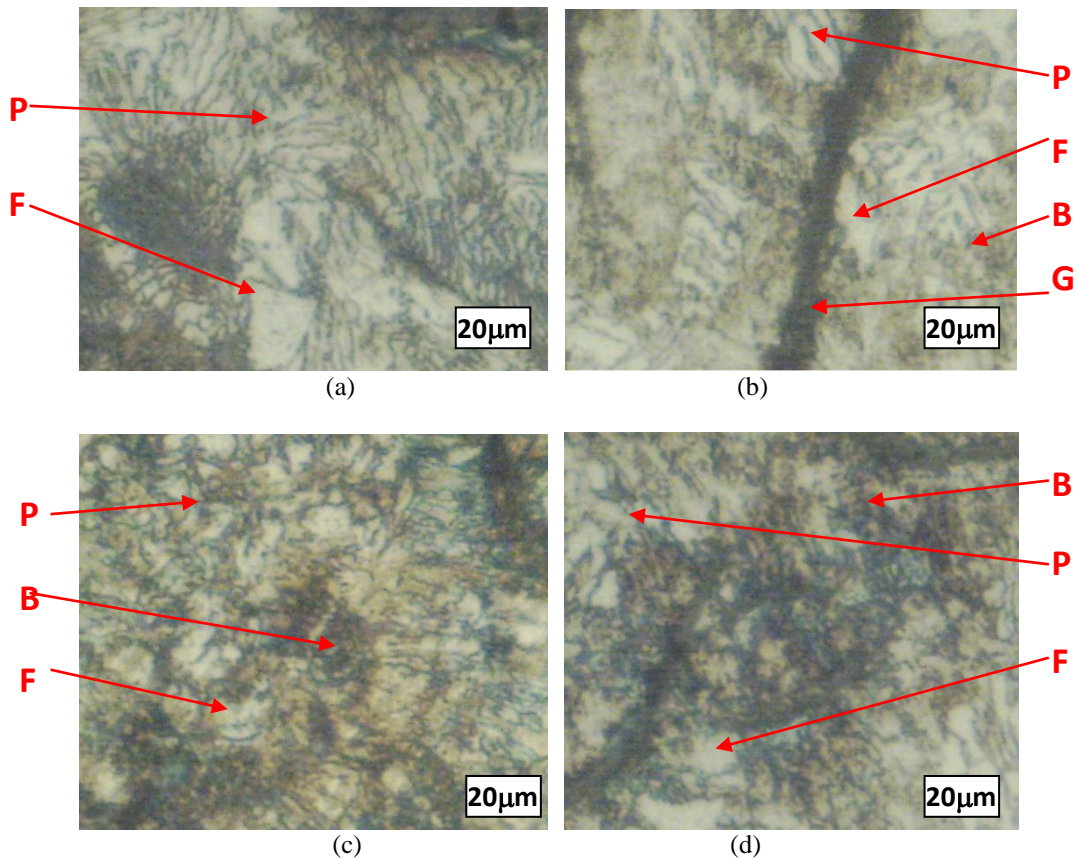
Tabel 5. Nilai Keausan Spesimen FC30, AGI30, AGI60, dan AGI120.

Spesimen	Nilai Keausan V (mm ² /m)
Besi Cor FC 30	0.000343332
<i>Austemper</i> 30 menit	0.000805152
<i>Austemper</i> 60 menit	0.00028966
<i>Austemper</i> 120 menit	0.00027329

Dari hasil Pengujian keausan diatas didapatkan bahwa terjadi peningkatan nilai ketahanan aus setelah sesimen dilakukan proses *Austempering*, Meskipun pada spesimen Kedua (AGI 30) terjadi kegagalan, dengan nilai hasil tahanan aus yang paling rendah, Hal ini dapat dimungkinkan karena terjadinya kavitasi pada proses pengecoran maupun terjadi kesalahan pada proses pemontongan sehingga permukaan spesimen tidak rata, sehngga hasil uji geseknya tidak optimal.

3.4 Hasil Pengujian Mikrografi

Pengujian mikrografi dilakukan dengan mengambil gambar struktur mikro menggunakan mikroskop optik bertujuan untuk mengetahui evolusi struktur mikro dan bentuk grafit setelah spesimen melalui proses *Austempering*.. Pada pengujian ini diperoleh hasil bahwa fasa austenit yang didapatkan dari proses Austenisasi bertransformasi menjadi fasa Bainit sebagian, dan juga sebagian bertransformasi menjadi Perlit. Hal ini berakibat peningkatan nilai kekerasan dari spesimen rem setelah dilakukan proses *Austempering* dengan penahanan waktu yang berbeda beda. Semakin lama peahanan waktu yang dilakukan semakin banyak pula fasa Bainit yang Terbentuk.



Gambar 14. Evolusi struktur mikro besi cor kelabu jenis FC 30

Keterangan :

- > F = Ferrit
- > B = Bainit
- > P = Perlit
- > G = Grafit

Setelah mengalami penahanan pada proses perlakuan panas *Austempering*, sehingga terjadi peningkatan kekerasan pada spesimen rem, diakibatkan adanya fasa Bainit yang timbul pada struktur mikro. Fasa bainit menyebabkan peningkatan ketangguhan dan keuletan spesimen, berbeda dengan fasa Martensit yang keras namun memiliki sifat getas.

4. KESIMPULAN

Proses *Austempering* dengan metode *salt bath* digunakan pada besicor untuk mengubah fasa Austenit dan Perlit menjadi fasa bainit, dan juga mencegah terjadinya struktur martensit yang memiliki sifat getas. Semakin lama waktu penahanan logam pada *salt bath* semakin banyak pula dominasi fasa austenit yang bertransformasi menjadi fasa bainit. Pada pengujian ini dilakukan variasi lama waktu penahanan paa *salt bath*. Sehingga peningkatan nilai kekerasan spesimen untuk masing-masing spesimen FC30, AGI 30, AGI 60, dan AGI 120 yang didapat adalah 194,51HB, 194,72HB, 195,77HB, 201,67 HB Setelah perlakuan *Austemper*. Nilai kekerasan yang dihasilkan dalam proses *Austemper* masih masuk dalam rentang standar nilai kekerasan rem kereta oleh PT.KAI yaitu antara 175-197 HB. Semakin meningkat nilai kekerasan, semakin meningkat pula nilai ketahanan aus rem kereta, dengan nilai keausan terkecil adalah spesimen AGI 120 dan keausan terbesar adalah AGI 30.

5. REFERENSI

- [1] Callister Jr, W. D, 1940, "*Material Science and Engineering*", 7th edition, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey
- [2] Heine, R. W, 1967, "*Principal of Metal Casting*" ,Tata McGraw-Hill, Ltd. New Delhi, India
- [3] Anrinal, H, 2013, "*Metalurgi Fisik*", Andi Offset, Yogyakarta

-
- [4] *Casting, Metal Hand Book*, ASM International, 1990
- [5] *Properties and Selection Iron, Steel & High Performance Alloys, Metal Hand Book*, ASM International, 1990
- [6] *Ogoshi high speed universal wear testing machine*, Instruction manual, Tokyo Testing Machine Mfg. Co. Ltd
- [7] Ghaderi, A.R., Ahmadabadi N, Ghasemi, H.M. 2003 “ *Effect of Graphite Morphologies on the Tribological behavior of Austempered Cast Iron*,” Iranian Railways Reseach Center, Tehran, Iran.
- [8] Daryanto, T., Lutyatmi. 2013, “*Karakteristik Produk Rem Blok Metalik Untuk Kereta Api Pada Industri Kecil Pengecoran Logam*,” Politeknik Manufaktur Pengecoran, Ceper, Klaten
- [9] Wahid, S., 1987, “*Pengetahuan Bahan*”, Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Industri ITS Surabaya; Surabaya;
- [10] Surdia, T., Chijiwa, K., 1986 “*Teknik Pengecoran Logam*”, Pradnya Paramita, Jakarta,
- [11] Surdia, T., Saito, S., 1985 “*Pengetahuan Bahan Teknik*”, Pradnya Paramita, Jakarta,