

## ANALISIS SIFAT MEKANIK PADA MATERIAL AISI 4140 dan CREUSABRO 8000 UNTUK APLIKASI GIGI *BUCKET* PRODUKSI PT. POLMAN SWADAYA

Fauzi Widyawati<sup>(1)</sup>

M. Achyarsyah, S.ST, MT. dan Ery Hidayat, ST., MT. <sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin dan Manufaktur Program Studi Teknologi Pengecoran Logam

<sup>(2)</sup> Dosen Jurusan Teknik Pengecoran Logam, Polman Bandung.

Dalam rangka memenuhi kebutuhan konsumen terhadap produk gigi bucket, PT. Polman Swadaya memproduksi gigi bucket dengan material AISI 4140. Seiring berkembangnya pasar industri, PT. Polman Swadaya memperbaharui material gigi bucket dengan material Creusabro 8000 dengan harapan memperbaiki material sebelumnya. Dari material yang digunakan untuk gigi bucket perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui sifat mekanik diantara kedua material. Penelitian ini diawali dengan pemilihan material yang akan digunakan diawali dengan pengujian komposisi. Selanjutnya dilakukan pembuatan sampel awal sebanyak 7 buah, disesuaikan dengan variasi perlakuan panas yang akan dilakukan. Selanjutnya proses perlakuan panas normalizing dengan pendinginan di udara bebas dan hembusan udara, quenching oli dan selanjutnya proses tempering. Setelah proses perlakuan panas dilakukan pengujian kekerasan, mikrostruktur, dan impak. Dari hasil pengujian, material Creusabro 8000 dari proses normalizing disuhu 920°C waktu holding selama 2 jam dan didinginkan di udara bebas dengan kekerasan 39,8 HRC dan energi impak 23,79 Joule merupakan material yang cocok untuk diaplikasikan produk gigi bucket karena material tersebut memenuhi tuntutan nilai kekerasan produk (36-40 HRC).

**Kata kunci :** Gigi bucket, AISI 4140, Creusabro 8000, perlakuan panas

### 1. PENDAHULUAN

PT Bukit Asam adalah salah satu perusahaan pertambangan yang dimiliki oleh pemerintah Indonesia.<sup>1</sup> Salah satu alat tambang yang digunakan pada PT Bukit Asam adalah Bucket Wheel Excavator (BWE). BWE termasuk jenis alat penggali secara terus-menerus beroperasi dalam skala besar. Salah satu komponen utama BWE yaitu roda poros yang berfungsi sebagai alat penggalian. Pada bagian tepi roda poros dipasangkan *buckets* disekeliling roda poros. Bucket berfungsi sebagai tempat material galian. Di setiap ujung bucket dipasangkan beberapa gigi bucket yang digunakan untuk menggali/mengeruk.<sup>2</sup>

PT. Bukit Asam bekerjasama dengan PT. Polman Swadaya untuk memproduksi beberapa komponen untuk Bucket Wheel Excavator, salah satunya adalah gigi bucket. PT. Polman Swadaya membuat produk gigi bucket dengan material AISI 4140. Material AISI 4140 merupakan salah satu jenis baja HSLA (High Strength Low Alloy) atau baja paduan rendah dengan kekuatan yang tinggi.<sup>3</sup> Produk gigi bucket dengan material AISI 4140 mengalami deformasi seperti gambar 1. Metode perlakuan panas ataupun material gigi bucket yang tidak sesuai karakteristik material galian untuk

kondisi di lapangan bisa menjadi salah satu penyebab terjadinya deformasi tersebut.

Seiring berkembangnya tuntutan konsumen, dilakukan inovasi material untuk produk gigi bucket yaitu material Creusabro 8000. PT. Polman swadaya saat ini sedang memproduksi produk gigi bucket dengan material Creusabro 8000 dengan harapan dapat memenuhi tuntutan konsumen.



Gambar 1 Deformasi gigi bucket yang terjadi di PT. Bukit Asam

<sup>1</sup> [http://id.wikipedia.org/wiki/Bukit\\_Asam](http://id.wikipedia.org/wiki/Bukit_Asam) disadur tanggal 8 Juli 2014

<sup>2</sup> [http://en.wikipedia.org/wiki/Bucket-wheel\\_excavator](http://en.wikipedia.org/wiki/Bucket-wheel_excavator) disadur tanggal 8 Juli 2014

<sup>3</sup> ASM Metals Handbook, Vol 01 Properties and Selection Irons, Steels, and High-Performance Alloys.

Berdasarkan pengalaman pembuatan produk gigi bucket di PT. Polman Swadaya dimana pada awalnya material AISI 4140 dan saat ini Creusabro 8000 belum didapatkan material dan metode perlakuan panas yang sesuai untuk produk gigi bucket ini. Sehingga dilakukanlah penelitian untuk mendapatkan jenis material dan metode perlakuan panas yang sesuai untuk produk gigi bucket yang diproduksi di PT. Polman Swadaya.

## 2. DASAR TEORI

### 2.1. Material AISI 4140

Material AISI 4140 berdasarkan komposisi kimia tergolong dalam jenis baja *chromium-molybdenum steel*. Kekuatan tarik AISI 4140 bisa mencapai 1650 MPa ( 240 ksi ) melalui perlakuan panas *quench* dan *temper* konvensional. Baja ini juga dapat digunakan pada suhu setinggi 480 ° C ( 900 ° F ), tetapi kekuatannya menurun dengan cepat dengan semakin meningkatnya suhu. Material AISI 4140 dapat tersedia dalam bentuk bar, batang, tempa, lembaran, plat, strip, dan coran. Aplikasi baja dengan material AISI 4140 digunakan untuk banyak mesin kekuatan tinggi seperti: *connecting rods*, poros engkol, as roda, batang piston, *collet*, kunci pas, dan *sprockets*.

Komposisi kimia material AISI 4140 ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 1 Komposisi kimia AISI 4140<sup>4</sup>

C (%)	0.38–0.43
Mn (%)	0.75–1.00
Si (%)	0.20–0.35
Cr (%)	0.80–1.10
Mo (%)	0.15–0.25
P (%)	≤ 0.035
S (%)	≤ 0.04

### 2.2. Material Creusabro 8000

Baja CREUSABRO 8000 termasuk dalam jenis baja tahan aus dan juga termasuk dalam kategori baja HSLA (*High Strength Low Alloy Steel*), yaitu baja dengan paduan rendah dan kekuatan tinggi. Dengan adanya kandungan unsur Chromium (Cr) dan Molybdenum (Mo) mampu berdistribusi butiran untuk membuat mikro karbida yang merupakan kelebihan dari ketahanan aus material Creusabro 8000. Baja Creusabro 8000 digunakan untuk aplikasi yang membutuhkan ketangguhan dan ketahanan aus yang tinggi, seperti

pada kendaraan tambang, kendaraan militer, dan industri. Komposisi kimia dari Creusabro 8000 dapat dilihat pada table 3 dan sifat mekanik material Creusabro 8000 pada tabel 4.

Tabel 2 Komposisi kimia Creusabro 8000<sup>5</sup>

C (%)	0.10 - 0.25
Mn (%)	0.8 – 1.5
Si (%)	1.2 -1.4
Cr (%)	1,0 - 1,5
Mo (%)	0,1 - 0,2
P (%)	≤ 0.025
S (%)	≤ 0.035
Ni (%)	0.2 – 0.4

Tabel 3 Sifat mekanik Creusabro 8000<sup>6</sup>

Hardness	Yield Strength	UTS	Elongasi	Energi Impak
HRC	MPa	MPa	%	Joule
46-49	1250	1630	12	32

### 2.3. Pengaruh Unsur Paduan

Pada proses pengecoran suatu paduan baja, selain unsur karbon sebagai unsur paduan utama, masih mengandung beberapa unsur yang masing-masing unsur memiliki pengaruh terhadap sifat dan struktur mikronya. Paduan-paduan tersebut bisa memberikan manfaat dalam penguatan material ataupun melemahkan. Berikut akan disampaikan pengaruh unsur-unsur dalam paduan baja.

- Karbon (C)
- Mangan (Mn)
- Silikon (Si)
- Kromium (Cr)
- Nikel (Ni)
- Molybdenum (Mo)
- Fosfor (P)
- Sulfur (S)

### 2.4. Diagram Continous Cooling Transformation (CCT)

Diagram CCT adalah diagram yang menggambarkan hubungan antara laju pendinginan dengan struktur yang terbentuk setelah terjadi transformasi fasa. Kurva CCT mensimulasikan sifat atau karakter suatu material seperti pada penelitian yang jominy bar pada beberapa jarak tertentu dari ujung terjadinya pendinginan. Pada

<sup>4</sup> ASM Metals Handbook, Vol 01 Properties and Selection Irons, Steels, and High-Performance Alloys. Halaman 254

<sup>5</sup> Data peleburan di Jurusan Teknik Pengecoran Logam tahun 2014

<sup>6</sup> Arcelormittal, 2009, Creusabro 8000, [pdf], (<http://www.lusomelt.pt/pdf/Creusabro8000.pdf>), diakses tanggal 22 November 2013

diagram ini fasa ferit, perlit, bainit, martensit juga dapat diperlihatkan. Perbedaan kurva pendinginan yang dipengaruhi dari laju pendinginan, dimana laju pendinginan dipengaruhi media pendingin. Air adalah media yang menghasilkan laju tertinggi, selanjutnya adalah minyak/oli, dan udara. Semakin bebas partikel pendingin (udara), laju pendinginan semakin lama dan kurva akan semakin bergeser ke kanan maka material akan semakin lunak.

### 2.5. Perlakuan Panas

Proses perlakuan panas merupakan proses mengubah sifat material sesuai dengan kebutuhan atau proses yang telah dilakukan. Perubahan sifat tersebut dipengaruhi oleh jenis dan jumlah struktur mikro, proses pembuatannya, dll. Beberapa jenis struktur mikro dapat dimodifikasi melalui proses perlakuan panas. Proses perlakuan panas sendiri adalah dengan memanaskan baja sampai suhu tertentu kemudian diikuti dengan proses penahanan suhu dalam waktu tertentu dan diakhiri dengan proses pendinginan dengan laju tertentu, tergantung sifat naja yang dibutuhkan.

- Normalizing
- Waktu Penahanan (Holding Time)
- Pendinginan
- Tempering

### 2.6. Struktur Mikro Pada Baja

Proses perlakuan panas dapat mengubah struktur mikro dalam suatu material. Struktur mikro yang terbentuk dapat disesuaikan sesuai keinginan dan juga karakteristik material yang diinginkan. Jenis struktur mikro dapat dipengaruhi dari komposisi kimia, perlakuan panas, dan proses pembuatannya. Struktur mikro yang terdapat dalam baja antara lain ferit, perlit, bainit, martensit, dan karbida.

## 3. METODE PENELITIAN

### 3.1. Pemilihan Material Penelitian

Benda yang digunakan untuk penelitian adalah bucket teeth material AISI 4140 dan CREUSABRO 8000 hasil produksi di PT. Polman Swadaya Bandung. Benda yang digunakan dalam penelitian ini adalah benda yang tidak lolos *quality control* dimensi gigi bucket terhadap adaptor.

### 3.2. Persiapan Sampel Awal

Pada penelitian ini, benda yang digunakan sebagai objek penelitian adalah gigi bucket. Tetapi dikarenakan keterbatasan dimensi tungku perlakuan panas, maka dibuatlah dimensi sampel yang lebih kecil untuk mempermudah saat penelitian. Ada bagian-bagian yang dapat dipakai dalam pembuatan sampel yaitu bagian ujung dan

bagian tengah gigi bucket yaitu bagian atas dan bagian tengah. Dari hasil pertimbangan diatas, maka bagian gigi bucket yang digunakan untuk sampel awal adalah bagian tengah gigi bucket.



Gambar 2 Lokasi pengambilan sampel gigi bucket

### 3.3. Proses Perlakuan Panas

Pada penelitian ini ada 7 variabel yang akan dianalisa berdasarkan proses perlakuan panas dari material AISI 4140 dan Creusabro 8000. Pemilihan parameter temperatur dan waktu penahanan ditentukan berdasarkan rekomendasi dari literatur dan kandungan carbon equivalent. Proses perlakuan panas menggunakan tungku yang ada di Laboratorium Jurusan Teknik Pengecoran Logam. Variabel pada penelitian ini meliputi :

#### a. Material AISI 4140\

- Sampel awal material AISI 4140
- *Normalizing* di suhu 900°C – pendinginan media udara bebas
- *Normalizing* di suhu 900°C – pendinginan media hembusan udara
- *Normalizing* di suhu 900°C - *hardening quenching* media oli- tempering di suhu 480°C

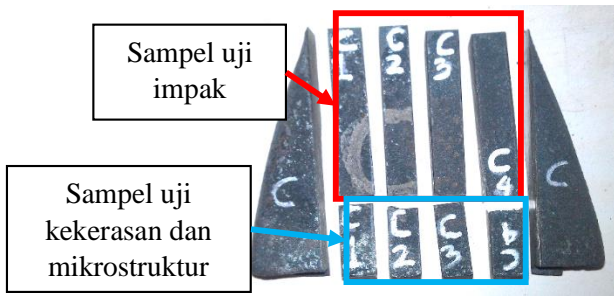
#### b. Material Creusabro 8000

- Sampel awal Creusabro 8000
- *Normalizing* di suhu 920°C – pendinginan media udara bebas

*Normalizing* di suhu 920°C

### 3.4. Lokasi Pengambilan Sampel Uji Impak dan Kekerasan

Penentuan lokasi pemotongan dipertimbangkan dari dimensi benda dan juga dalam proses persiapan pembuatan sampel uji. Dalam 1 variabel penelitian disiapkan sampel untuk pengujian impak, kekerasan, dan mikrostruktur seperti dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3 Lokasi pemotongan sampel uji impak, kekerasan, dan mikrostruktur

Dari hasil pemotongan sampel, ditentukan 2 buah replikasi sampel. Untuk memudahkan pengujian, maka setiap variabel diberi kode penamaan berdasarkan proses perlakuan panasnya.

No	Kode sampel	Variasi perlakuan panas
<b>AISI 4140</b>		
1	A	Sampel awal
2	B	<i>Normalizing</i> – pendinginan udara bebas
3	C	<i>Normalizing</i> - pendinginan media hembusan udara
4	D	<i>Normalizing – hardening quenching</i> media oli - tempering
<b>CREUSABRO 8000</b>		
1	E	Sampel awal
2	F	<i>Normalizing</i> – pendinginan udara bebas
3	G	<i>Normalizing</i> - pendinginan media hembusan udara

#### 4. DATA HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

##### 4.1. Hasil pengujian komposisi

###### a. Komposisi Kimia Material AISI 4140

Unsur (%)	Standar	Aktual
C (%)	0.38–0.43	0,35
Mn (%)	0.75–1.00	0,72
Si (%)	0.20–0.35	0,29
Cr (%)	0.80–1.10	0,83
Mo (%)	0.15–0.25	0,23
P (%)	≤ 0.035	0,023
S (%)	≤ 0.04	0,01

Dari hasil pengujian dan komposisi dari standart material, hampir semua komposisi masuk dalam range. Ada 2 unsur hasil pengujian yang tidak masuk range. Unsur karbon kurang 0,03% dari batas bawah range dan unsur mangan kurang 0,03% dari batas bawah range, tetapi unsur-unsur tersebut masih masuk dalam toleransi untuk material AISI 4140.

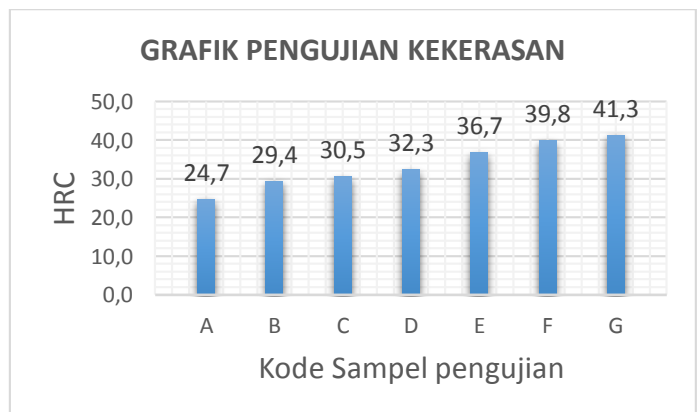
###### b. Komposisi Kimia Material Creusabro 8000

Unsur (%)	Standar	Aktual
C (%)	0.10 - 0.25	0,26
Mn (%)	0.8 – 1.5	1,00
Si (%)	1.2 -1.4	1,25
Cr (%)	1,0 - 1,5	1,34
Mo (%)	0,1 - 0,2	0,25
P (%)	≤ 0.025	0,022
S (%)	≤ 0.035	0,016
Ni (%)	0,2 – 0,4	0,39

Dilihat dari hasil pengujian dan komposisi standar material, hampir semua komposisi masuk dalam standar. Ada 2 unsur yang diluar range, unsur karbon melebihi 0,01% dari range teratas dan unsur Mo lebih 0,05% dari range teratas, tetapi hasil diatas masih dalam batas toleransi. Maka material ini termasuk dalam material Creusabro 8000.

#### 4.2. Data Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan dengan metode Rockwell C dimana beban yang diberikan sebesar 150 kgf dengan indenter berbentuk kerucut intan (Gambar 4.3). Pengujian dilakukan pada 2 sampel di tiap variable, dimana setiap sampel dilakukan indentasi sebanyak 10 kali, sehingga dari setiap variable ada 20 indentasi.

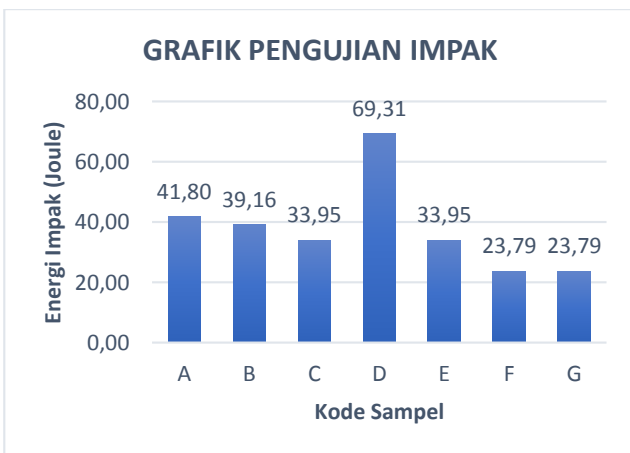




Dari gambar diatas terlihat bahwa kekerasan terendah ada pada sampel A yaitu sampel awal material AISI 4140 dengan nilai 24,7 HRC. Sementara kekerasan tertinggi ada pada sampel G yaitu sampel hasil perlakuan panas normalizing dengan pendinginan media hembusan udara dengan nilai 41,3 HRC.

### 4.3. Data Pengujian Impak

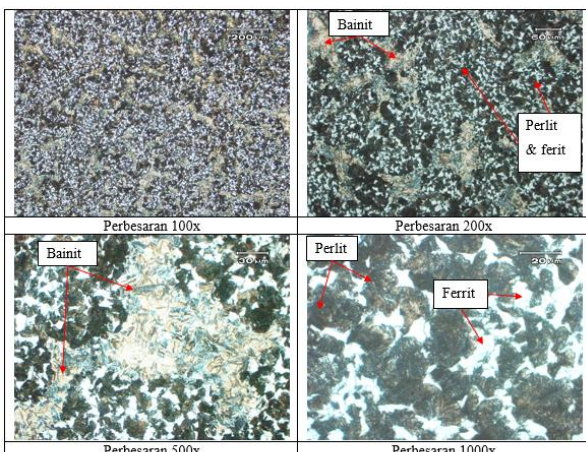
Pengujian impak dilakukan dengan mesin uji impak merek Hung Ta Instrument yang berada di laboratorium Jurusan Teknik Pengecoran Logam POLMAN Bandung. Hubungan nilai impak terhadap setiap variabel ditunjukkan pada grafik dibawah ini. Dimana gambar dibawah ini adalah grafik hasil uji impak pada semua sampel.



### 4.4. Data Pengujian Mikrostrukturu

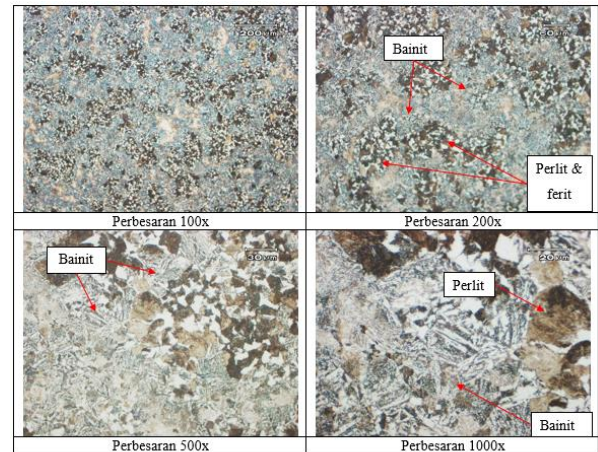
Pengujian struktur mikrodilakukan di laboratorium Jurusan Teknik Pengecoran Logam dengan mesin mikroskop optic merk Olympus GX 71. Sampel yang digunakan untuk pengamatan mikro struktur adalah bagian dari sampel pengujian kekerasan. Bahan etsa yang digunakan adalah nital 3%.

#### Sampel kode A



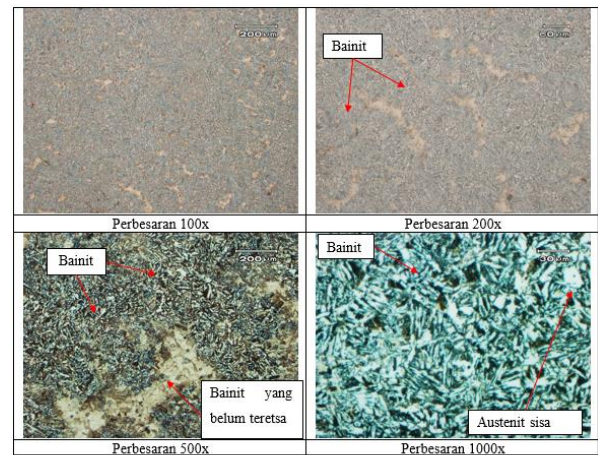
Gambar 4.7 Hasil pengujian mikrostruktur pada sampel A

#### Sampel kode B



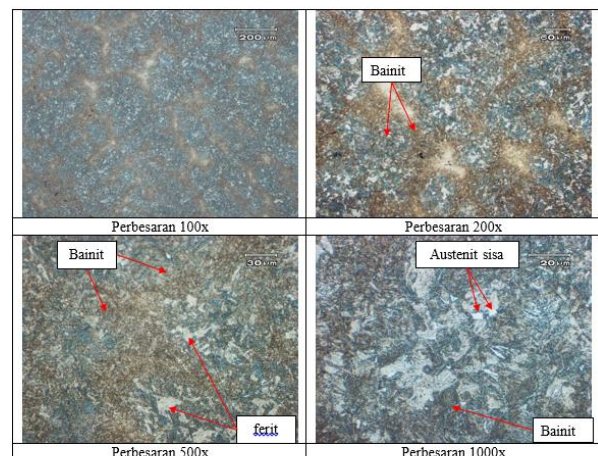
Gambar 4.9 Hasil pengujian mikrostruktur pada sampel B

#### Sampel kode C



Gambar 4.12 Hasil pengujian mikrostruktur pada sampel C

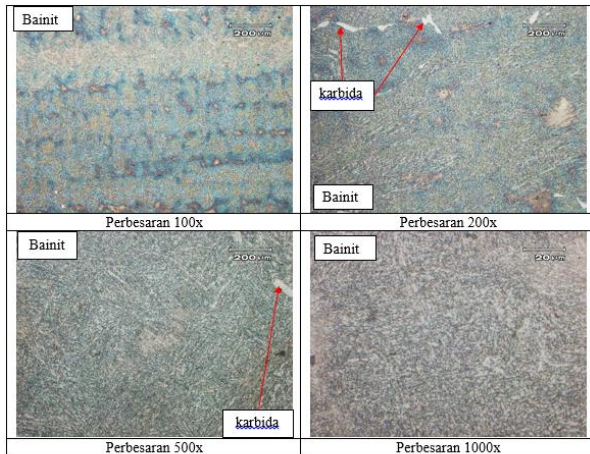
#### Sampel kode D



Gambar 4.14 hasil pengujian mikrostruktur sampel D

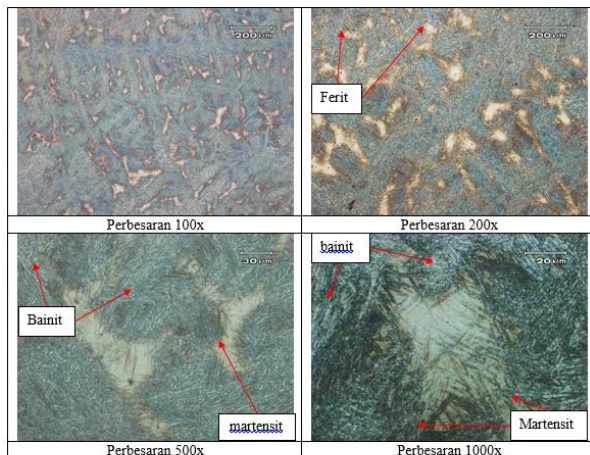


### Sampel kode E



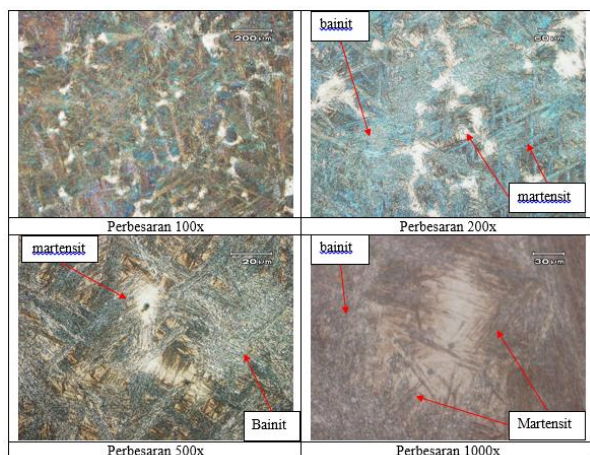
Gambar 4.16 hasil pengujian mikrostruktur pada sampel E

### Sampel kode F



Gambar 4.18 Hasil pengujian mikrostruktur pada sampel kode F

### Sampel kode G



Gambar 4.20 Hasil pengujian mikrostruktur pada sampel G

## 5. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan beberapa hal seperti dibawah ini :

1. Dari hasil pengujian, material Creusabro 8000 dari proses normalizing disuhu 920°C waktu holding selama 2 jam dan didinginkan di udara bebas dengan kekerasan 39,8 HRC dan energi dampak 23,79 Joule merupakan material yang cocok untuk diaplikasikan produk gigi bucket karena material tersebut memenuhi tuntutan nilai kekerasan produk (36-40 HRC).
2. Dari proses perlakuan panas yang sama menghasilkan nilai kekerasan material Creusabro 8000 lebih tinggi dibandingkan material AISI 4140 dan material Creusabro 8000 memiliki nilai dampak lebih rendah dari material AISI 4140.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1.] [http://id.wikipedia.org/wiki/Bukit\\_Asam](http://id.wikipedia.org/wiki/Bukit_Asam) disadur tanggal 8 Juli 2014.
- [2.] [http://en.wikipedia.org/wiki/Bucket-wheel\\_excavator](http://en.wikipedia.org/wiki/Bucket-wheel_excavator) disadur tanggal 8 Juli 2014.
- [3.] ASM Metals Handbook, Vol 01 Properties and Selection Irons, Steels, and High-Performance Alloys.
- [4.] Arcelormittal, 2009, Creusabro 8000, [pdf], (<http://www.lusomelt.pt/pdf/Creusabro8000.pdf>), diakses tanggal 22 November 2013.
- [5.] ASM Metals Handbook, Vol 04 Heat Treating.
- [6.] Soedihono, 2010. Metallographie III, Bahan Ajar, Bandung.
- [7.] <http://en.wikipedia.org/wiki/Metallography> diakses 10 jili 2014.
- [8.] ASTM E 3 - Standard Guide for Preparation of Metallographic Specimens
- [9.] <http://yopyhenpristian.blogspot.com/2013/06/uji-kekerasan.html> diakses bulan Juli 2014.
- [10.] ASM Metals Handbook, Vol 09 Metallography and Microstructures.
- [11.] [http://digilib.unimus.ac.id/files/disk1/105/jtpt\\_unimus-gdl-muhammadfi-5233-3-bab2.pdf](http://digilib.unimus.ac.id/files/disk1/105/jtpt_unimus-gdl-muhammadfi-5233-3-bab2.pdf) diakses bulan Agsutus 2014.