

**TUGAS AKHIR**

**SIFAT FISIS DAN MEKANIK**  
**BAJA KARBONISASI DENGAN BAHAN**  
**ARANG KAYU JATI**

**NASKAH PUBLIKASI**



Penguji :

**Dr. Supriyono**  
**Ir. Bibit Sugito, MT**  
**Bambang WF, ST, MT**

Disusun :

**MUH RUDI ISKANDAR**  
**D 200.04.0063**

**JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

**MEI 2012**

## **SIFAT FISIS DAN MEKANIS BAJA KARBONISASI DENGAN BAHAN ARANG KAYU JATI**

**Muh Rudi Iskandar, Dr. Supriyono, Ir. Bibit Sugito, MT**

Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl. A. Yani Pabelan Tromol Pos 1 Pabelan, Kartasura.

Email : [rudi\\_aqua@yahoo.com](mailto:rudi_aqua@yahoo.com)

### **ABSTRAKSI**

*Pack carburizing merupakan metode karburisasi yang paling sederhana, yaitu menggunakan serbuk arang sebagai penambahan unsur Karbon. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perubahan sifat-sifat dari baja, baik sifat fisis maupun sifat mekanis setelah mengalami proses pack carburizing dengan bahan karbon arang kayu jati.*

*Pemilihan bahan dilakukan dengan cara menguji baja lunak (mild steel) < 0,3 % C, sebagai raw material dengan alat Optical Emission Spectrometer. Specimen bersama campuran arang kayu jati dan BaCO<sub>3</sub> dimasukkan dalam gerabah, kemudian dipanaskan dalam dapur pemanas pada temperatur 900°C dengan variasi waktu penahan selama 2 jam dan 4 jam. Specimen hasil pack carburizing diuji kekerasannya dengan metode micro Vickers menggunakan alat Micro Hardness Tester, sebanyak 9 titik. Untuk pengamatan struktur mikro digunakan alat Inverted Metallurgical Microscope.*

*Hasil pengujian komposisi kimia unsur yang paling banyak setelah besi (Fe= 98,0%) adalah mangan (Mn= 0,748%), unsur mangan (Mn) kurang dari 8,0%, sehingga raw material ini termasuk dalam baja paduan rendah. Hasil pengamatan struktur mikro pada raw material lebih banyak ferrit dibandingkan perlit, setelah proses karburising struktur mikro dengan waktu 2 jam dan 4 jam hanya terdapat perlit dan ferrit. Semakin lama proses karburising semakin banyak pula kandungan perlit yang mengakibatkan semakin tinggi harga kekerasan. Hasil pengujian kekerasan raw materials sebesar 246.0 VHN. Pada 2 jam pada titik ke dua mengalami kenaikan 6,504% dengan nilai 262 VHN. Pada 4 jam memiliki kekerasan 279,73 VHN pada titik ke tiga, hal ini menunjukkan nilai kekerasan yang lebih tinggi dibandingkan dengan spesimen raw material dan spesimen carburizing dengan waktu tahan 2 jam naik sebesar 13,711%.*

**Kata kunci : Baja lunak, Pack Carburizing, Arang kayu Jati.**

## **PENDAHULUAN**

Baja adalah material yang banyak digunakan dalam konstruksi mesin, karena memiliki sifat ulet mudah dibentuk, kuat maupun mampu keras. Selain itu baja dengan unsur utama Fe dan C bisa dipadukan dengan unsur lain seperti Cr, Ni, Ti dan sebagainya, untuk mendapatkan sifat mekanik seperti yang diinginkan.

Karbon merupakan salah satu unsur terpenting karena dapat meningkatkan kekerasan baja.

Proses penambahan karbon (*carburizing*) merupakan pengerasan permukaan pada baja karbon rendah, yang bertujuan untuk menambah kandungan karbon agar bisa ditingkatkan kekerasannya. *Pack carburizing* adalah salah satu metode yang digunakan untuk menambah kandungan karbon pada permukaan baja dengan menggunakan media padat. Bahan dimasukan dalam kotak tertutup dan ruangan diisi dengan arang kayu. Prosesnya memakan waktu cukup lama dan banyak diterapkan untuk memperoleh lapisan yang tebal (Amstead :1995).

Penelitian ini menggunakan baja karbon rendah dengan kandungan karbon < 0,3%. Arang kayu Jati sebagai sumber karbon padat, dirubah terlebih dahulu dalam bentuk butiran (serbuk). Bentuk butiran akan membantu proses perubahan karbon padat menjadi gas melalui pemanasan. Gas karbon yang dihasilkan akan berdifusi kedalam struktur baja sehingga kadar karbon meningkat. Pemanasan dilakukan pada temperatur 900° C, kemudian di tahan selama 2 jam dan 4 jam dan di dinginkan pada udara bebas selama ± 2 jam.

### **Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui perubahan sifat baik fisik maupun mekanis setelah mengalami proses *carburizing* arang kayu jati dengan waktu 2 jam dan 4 jam.

### **Manfaat Penelitian**

Manfaat yang dapat diambil dari penelitian sifat fisis dan mekanis baja karbonisasi dengan bahan arang kayu jati ini dapat dibagi menjadi dua, yaitu :

1. Bidang Akademik
  - a. Menggalakan penelitian.
  - b. Mengetahui kualitas dari baja karbon rendah setelah dilakukan proses *pack carburizing*.
  - c. Menambah wawasan tentang ilmu *metalurgi* sehingga menumbuhkan semangat untuk melakukan pengembangan khususnya rekayasa bahan.
2. Bidang Pengembangan Industri.
  - a. Memberikan pertimbangan teknis kepada dunia industri.
  - b. Memberikan petunjuk teknik cara pemilihan bahan yang baik.

### **Pembatasan Masalah**

Agar hasil penelitian dapat diterima dengan validitas seperti yang diharapkan, maka ditentukan batasan-batasan masalah guna mengendalikan model pelaksanaan penelitian yang dilakukan, antara lain :

1. Material yang digunakan adalah baja lunak (*mild steel*) < 0,3 % C.
2. Proses penambahan karbon menggunakan metode *pack carburizing* dari arang kayu jati dengan waktu tahan 2 jam dan 4 jam pada suhu 900°C.
3. Pengujian yang dilakukan meliputi uji komposisi kimia, uji struktur mikro dan uji kekerasan.

### **LANDASAN TEORI**

#### **Baja**

Baja merupakan paduan yang terdiri dari besi, karbon dan unsur lainnya. Baja dapat dibentuk melalui pengecoran, pencairan atau penempaan. Karbon merupakan salah satu unsur terpenting karena dapat meningkatkan kekerasan dan keuletan baja. Baja merupakan logam yang paling banyak digunakan dibidang teknik, baik dalam bentuk plat, lembaran, batang, profil dan sebagainya. Secara garis besar baja dapat dikelompokkan sebagai berikut (Amstead, 1995):

1. Baja karbon
  - a. Baja karbon rendah (<0,30% C)
  - b. Baja karbon sedang (0,30 < C < 0,70%)
  - c. Baja karbon tinggi (0,70 < C < 1,40%)
2. Baja paduan
  - a. Baja paduan rendah (jumlah unsur paduan khusus < 8,0%)
  - b. Baja paduan tinggi (jumlah unsur paduan khusus > 8,0%)

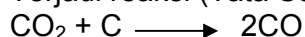
#### **Baja Karbon**

Baja Karbon adalah paduan yang terdiri dari besi (Fe) dan karbon (C), biasanya tercampur juga unsur-unsur bawaan lain seperti silikon (Si), mangan (Mn), fosfor (P) dan sulfur (S). Unsur-unsur tersebut akan berpengaruh terhadap mutu dari baja.

Kandungan karbon pada baja karbon rendah adalah kurang dari 0,30%C, karena memiliki kadar karbon yang rendah maka baja karbon ini mempunyai sifat kekerasan rendah, namun keuletannya tinggi. Baja ini tidak dapat dikeraskan kecuali dikeraskan permukaannya (*case hardening*).

#### **Pack Carburizing**

Dilakukan dengan cara memanaskan benda kerja di dalam kotak (*case*) tertutup rapat berisi bahan karburisasi. Bahan karburisasi ini terdiri dari campuran arang atau kokas dan garam karbonat (sebagai energizer pengaktif karbon misal BaCO<sub>3</sub>). Tanpa *energizer* pun dapat terjadi karburisasi, karena temperatur yang tinggi ini mula-mula karbon teroksidasi oleh udara yang terperangkap dalam kotak menjadi CO<sub>2</sub>. Terjadi reaksi (Tata Surdia : 1987):

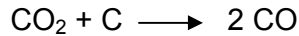
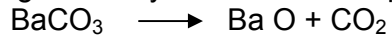


Makin tinggi temperaturnya maka makin banyak CO.

Pada permukaan baja CO akan terurai :  $2 \text{ CO} \longrightarrow \text{CO}_2 + \text{C}$

Dimana C yang terbentuk adalah atom karbon (*carbon nascent*) yang bersifat aktif masuk menyebar (bardifusi) ke dalam fasa austenite dari baja.

Dengan adanya energizer proses akan mudah berlangsung karena walaupun udara yang terperangkap dalam kotak sangat sedikit, tetapi energizer menyediakan CO<sub>2</sub>. Seperti reaksi berikut :



Makin tinggi temperature maka makin banyak CO.

Pada permukaan baja CO akan terurai :  $2 \text{ CO} \longrightarrow \text{CO}_2 + \text{C}$

### KAJIAN PUSTAKA

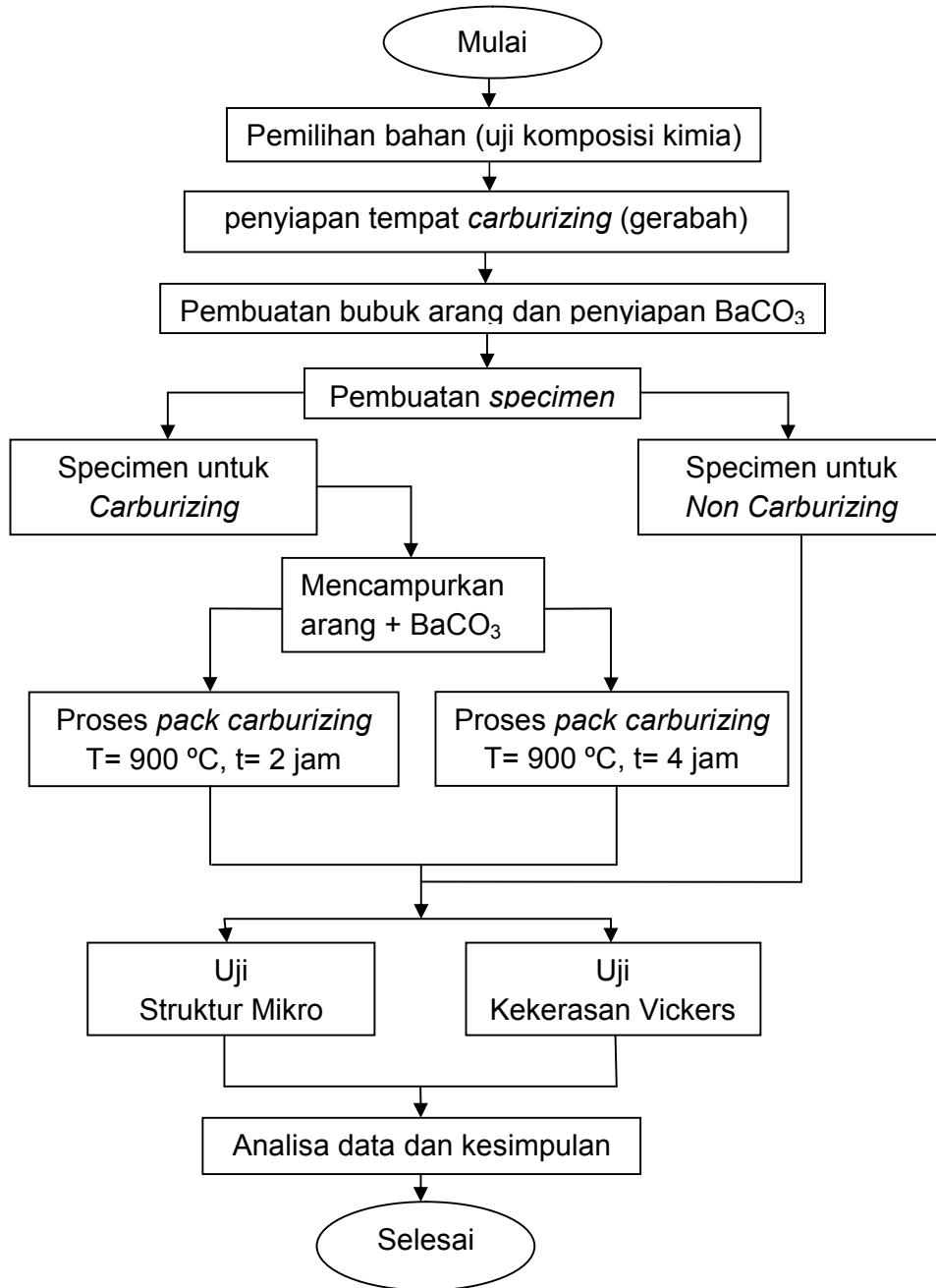
Widiyanto, E., (2002) dengan penelitian “penelitian penerapan teknologi tepat guna pelaratan dan proses *pack carburizing* untuk peningkatan kualitas produk alat-alat pertanian”. Menyimpulkan bahwa dengan adanya oven berbahan batubara briket sebagai sarana proses *pack carburizing*, produk alat-alat pertanian yang semula kualitasnya rendah dan beragam serta kekerasannya mula-mula hanya sebesar 109 VHN, dapat diperbaiki sehingga kekerasannya mencapai 600 VHN, kualitasnya dapat terkontrol dan seragam, tahan aus, tahan terhadap benturan, dan tidak mudah rusak.

Nugroho, A., (2002) dengan penelitian “Pengaruh *carburizing* arang kayu jati dan arang cangkang kelapa dengan *austempering* pada *mild steel* (baja lunak) produk pengecoran terhadap sifat fisis dan mekanis” menyimpulkan bahwa setelah proses *carburizing* spesimen mengalami peningkatan nilai kekerasan dengan waktu tahan 8 jam dan suhu 925 °C. Hasil pengujian kekerasan pada spesimen arang kayu jati memiliki harga kekerasan yang paling tinggi bila dibandingkan dengan spesimen arang tempurung kelapa dan raw material.

Rianggoro, D., (2002) dengan penelitian “Pengaruh *carburizing* pada *mild steel* (baja lunak) produk pengecoran dengan menggunakan arang kayu jati dengan waktu tahan 3 jam, 4 jam, dan 7 jam dengan *austempering* terhadap sifat fisis dan mekanis” menyimpulkan bahwa setelah mengalami proses *carburizing* harga rata-rata kekerasan mengalami kenaikan dan pada pengujian kedalaman atau ketebalan difusi menunjukkan bahwa semakin lama waktu penahanan suhu *carburizing* (925°C), maka ketebalan difusi karbon akan semakin besar. Namun ketebalan difusi ini tidak sertamerta berbanding lurus dengan waktu penahanannya, melainkan akan sedikit melambat.

Yoshrizal H., (2005) dengan penelitian “Analisis pengerasan permukaan baja karbon rendah dengan metode *Carburizing* dengan waktu tahan 3 jam, 4 jam dan 5 jam” menyimpulkan bahwa setelah mengalami proses *carburizing* spesimen mengalami peningkatan pada nilai keausan dan kekerasan. Hasil pengujian kekerasan dan keausan waktu tahan 4 jam merupakan waktu tahan optimal, dibandingkan dengan waktu tahan 5 jam yang hasilnya lebih kecil dari waktu tahan 4 jam pada pengujian ini.

**METODOLOGI PENELITIAN**  
**Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian**



**Gambar 1.** Diagram alir penelitian.

**Bahan Penelitian**

1. Material dasar (*raw materials*)

Bahan yang di uji dalam penelitian ini adalah baja karbon rendah (*mild steel*), Baja karbon rendah ini diperoleh dari Laboratorium Teknik Universitas Gajah Mada berdiameter 30mm.



**Gambar 2.** Material dasar (*raw materials*)

2. Arang kayu jati  
Arang kayu jati di tumbuk sehingga mendapat butir-butir arang yang halus.
3. Barium Karbonat ( $\text{BaCO}_3$ )  
Bahan aktivator dibutuhkan agar proses penambahan karbon dari media ke baja dapat berlangsung dalam keadaan gas.
4. Semen tahan panas  
Semen tahan panas digunakan untuk merekatkan tutup gerabah biar tidak terjadi oksidasi.

#### **Alat Penelitian**

Sedangkan alat yang di gunakan adalah

1. Gerabah  
Gerabah yang terbuat dari tanah liat digunakan sebagai tempat *carburizing*, bentuknya silinder dengan ukuran diameter dalam 8 cm dan tingginya 9 cm.



**Gambar 3.** Gerabah dari tanah liat

2. Dapur pemanas  
Dapur pemanas ini dilengkapi dengan pengatur temperatur dan waktu yang sesuai dengan keinginan, elemen pemanas akan memanaskan ruangan, proses sesuai dengan pengaturan temperatur dan waktu. Dengan demikian tahapan pemanasan yang diperlukan dalam proses *carburizing* dapat diatur.



**Gambar 4.** Dapur pemanas  
(Lab.Teknik UGM Yogyakarta., 2011)

3. Metacut  
Alat yang digunakan untuk memotong baja karbon rendah, dalam proses pemotongan digunakan air sebagai media pendingin.
4. Penghalusan permukaan dengan mesin gerinda  
penghalusan dengan ampelas dilakukan secara bertahap dimulai dengan ampelas nomer 100, 180, 400, 600, 1000. Semakin besar nomor ampelas yang digunakan semakin halus permukaan ampelas tersebut
5. Autosol  
Untuk pemolesan material sebelum dilakukan pengujian struktur mikro agar terlihat jelas, lebih halus, mengkilap dan bersih dari kotoran dengan menggunakan autosol.
6. Gergaji mesin  
Alat yang digunakan untuk memotong baja karbon rendah dari bentuk silinder yang panjang menjadi *raw*.
7. Sarung tangan tahan api  
Sarung tangan tahan digunakan untuk memasukkan gerabah kedalam dapur pemanas.
8. Penjepit  
Untuk mengeluarkan gerabah dari ruangan dapur pemanas yang bersuhu tinggi digunakan sebuah penjepit panjang agar aman.
9. Timbangan Digital  
Timbangan digital digunakan untuk menimbang arang kayu jati dan barium karbonat ( $BaCO_3$ ).

#### **Instalasi Penelitian**

1. Pengujian Komposisi Kimia  
pengujian komposisi kimia dengan Alat *Optical Emission Spectrometer*, Pengujian dilakukan dengan cara menembakkan gas argon terhadap permukaan *specimen* yang telah dihaluskan. Penembakan dilakukan sebanyak 4 kali (4 titik), sehingga akan didapat harga rata-rata kandungan komposisinya



**Gambar 5.** *Optical emission spectrometer*  
(Lab. Pol. Man. Ceper, Klaten.,2011)

2. Pengujian Struktur Mikro  
Pengambilan gambar struktur mikro baja dilakukan menggunakan alat *inverted metallurgical microscope*. Alat ini dapat memperbesar gambar struktur mikro material *specimen* sehingga dapat dilihat dengan jelas.





**Gambar 6.** *Inverted metallurgical microscope*  
(Lab.Teknik UGM. Yogyakarta., 2011)

3. Pengujian Kekerasan  
Alat uji kekerasan mikro menggunakan *micro hardness tester* dengan metoda *micro Vickers*.



**Gambar 7.** *Micro hardness tester*  
(Lab.Teknik UGM. Yogyakarta., 2011)

### Sampel

**Tabel 1.** Jumlah *specimen* (sampel)

Jenis Pengujian	Jumlah <i>Specimen</i>		
	<i>Raw Material</i>	<i>Specimen Carburizing 2 jam</i>	<i>Specimen Carburizing 4 jam</i>
Komposisi Kimia	1 buah	-	-
Struktur Mikro	1 buah	1 buah	1 buah
Kekerasan			
Jumlah Total	4 buah material		

### Lokasi Penelitian

Penelitian dan pengujian dilaksanakan di 2 tempat yang berbeda yaitu:

- 1) Laboratorium Politeknik Manufaktur Ceper, Klaten sebagai tempat uji komposisi kimia.
- 2) Laboratoruim Teknik Universitas Gajah Mada, Yogyakarta sebagai tempat penelitian dan uji struktur mikro serta uji kekerasan.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 1. Pengujian komposisi kimia

Pengujian komposisi kimia dilakukan dengan mesin spektrum komposisi kimia *Optical Emission Spectrometer* dan memberikan hasil pembacaan secara otomatis kandungan komposisi kimia pada material dasar yang ditunjukkan Tabel 2.

**Tabel 2.** Uji Komposisi spesimen dasar

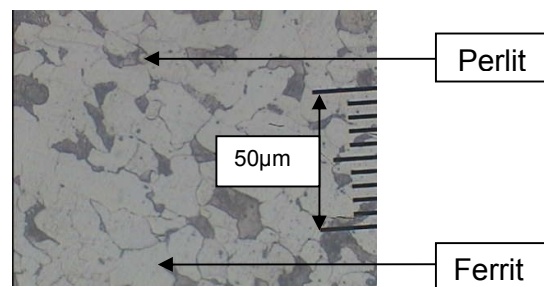
UNSUR	(%)
Fe	98,0
Mn	0,748
Si	0,279
Ni	0,240
Cu	0,192
C	0,158
Co	0,0507
Nb	0,0466
Mo	0,0299
S	0,0278
W	<0,0250
V	0,0220
Zr	0,0134
Cr	0,013
Ti	0,0112
P	0,0108
Pb	<0,0100
Al	<0,0020
Ca	0,0001

### **Pembahasan Pengujian Komposisi Kimia**

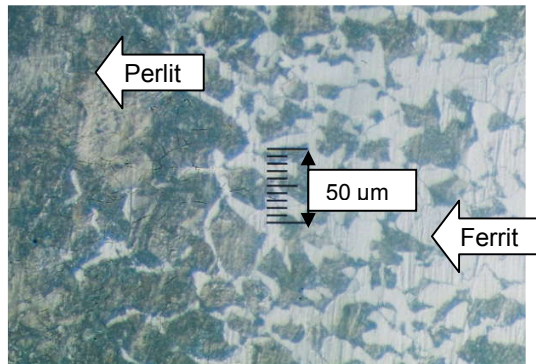
Dari Hasil pengujian komposisi kimia baja material terlihat bahwa jumlah unsur yang paling banyak setelah besi (Fe= 98,0%) adalah mangan (Mn= 0,748%), sedangkan beberapa unsur lain terlihat seperti Si, Ni, Cu, C, Co terdapat pula didalamnya dengan prosentase kecil dibawah prosentase mangan. Jumlah unsur mangan (Mn) sebagai paduan khusus pada material tersebut kurang dari 8,0%, sehingga *raw material* ini termasuk dalam baja paduan rendah.

### **2. Pengujian Struktur Mikro**

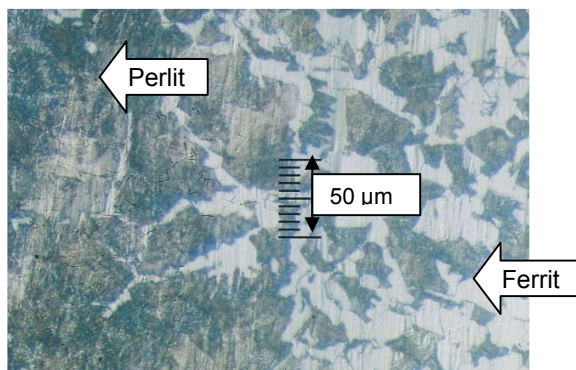
Dari pengujian struktur mikro dengan menggunakan *Olympus Metallurgical Microscopes* diperoleh gambar struktur mikro *raw material*, *normalizing 2 jam* dan *normalizing 4 jam*. Terlihat pada gambar dibawah ini :



**Gambar 8.** Struktur mikro material dasar baja karbon rendah (*raw material*) dengan pembesaran 200 x



**Gambar 9.** Struktur mikro baja lunak setelah mengalami proses pack carburizing dengan waktu tahan 2 jam (perbesaran 200 x)



**Gambar 10.** Struktur mikro baja lunak setelah mengalami proses pack carburizing dengan waktu tahan 4 jam (perbesaran 200 x)

### **Pembahasan Pengujian Struktur Mikro setelah Normalizing**

Nampak pada pengujian struktur mikro pada raw material lebih banyak kristal ferrit dibandingkan kristal perlit. Kristal ferrit yang mempunyai sifat lunak lebih banyak mendominasi struktur baja. Sementara kristal perlit berada diantaranya dengan jumlah yang lebih sedikit. Perlit yang mempunyai sifat lebih keras dibandingkan ferrit menempati posisi yang tidak teratur. Hal ini juga menyebabkan pengukuran kekerasan bila mengenai kristal ferrit akan ditemukan harga yang lebih rendah.

Pada spesimen *pack carburizing* dengan waktu tahan 2 jam terdapat perlit lebih banyak daripada ferrit karena pada spesimen ini telah dilakukan proses penambahan karbon, pada spesimen *pack carburizing* dengan waktu tahan 4 jam terdapat perlit lebih banyak dari 2 jam dan ferrit sedikit, hal ini disebabkan karena semakin lama proses karburising semakin banyak pula kandungan perlit yang mengakibatkan semakin tinggi harga kekerasan.

### 3. Hasil Pengujian Kekerasan

Kekerasan permukaan material di uji dengan menggunakan metode mikro *Vickers*. Pada uji mikro *Vickers* menggunakan 9 titik sampel, beban (P) sebesar 200 gf, jarak 150  $\mu\text{m}$  dan waktu pembebanan 5 detik.

**Tabel 3.** Harga kekerasan spesimen Raw Material

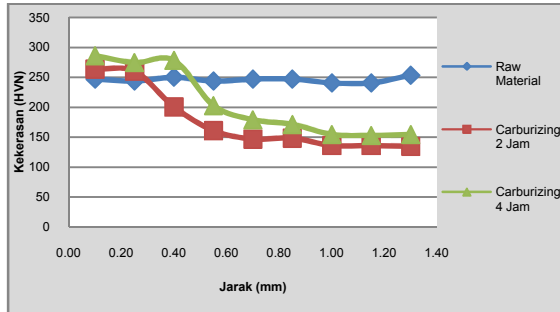
No	Jarak dari tepi (mm)	d <sub>1</sub> ( $\mu\text{m}$ )	d <sub>2</sub> ( $\mu\text{m}$ )	d <sub>rata-rata</sub> ( $\mu\text{m}$ )	Kekerasan (VHN)
1	0.10	40.0	37.5	38.75	247.0
2	0.25	39.5	38.5	39.00	243.8
3	0.40	39.0	38.0	38.50	250.2
4	0.55	39.5	38.5	39.00	243.8
5	0.70	40.0	37.5	38.75	247.0
6	0.85	39.0	38.5	38.75	247.0
7	1.00	39.5	39.0	39.25	240.7
8	1.15	39.5	39.0	39.25	240.7
9	1.30	38.5	38.0	38.25	253.5

**Tabel 4.** Harga Kekerasan spesimen pack carburizing 2 jam dengan arang kayu jati.

No	Jarak dari tepi (mm)	d <sub>1</sub> ( $\mu\text{m}$ )	d <sub>2</sub> ( $\mu\text{m}$ )	d <sub>rata-rata</sub> ( $\mu\text{m}$ )	Kekerasan (VHN)
1	0.10	37.0	38.0	37.50	263.7
2	0.25	37.0	38.5	37.75	260.3
3	0.40	41.0	45.0	43.00	200.6
4	0.55	46.0	50.0	48.00	161.0
5	0.70	48.5	52.0	50.25	146.9
6	0.85	48.5	51.5	50.00	148.4
7	1.00	50.0	54.5	52.25	135.9
8	1.15	50.5	54.0	52.25	135.9
9	1.30	50.0	55.0	52.50	134.6

**Tabel 5.** Harga Kekerasan spesimen pack carburizing 4 jam dengan arang kayu jati .

No	Jarak dari tepi (mm)	d <sub>1</sub> ( $\mu\text{m}$ )	d <sub>2</sub> ( $\mu\text{m}$ )	d <sub>rata-rata</sub> ( $\mu\text{m}$ )	Kekerasan (VHN)
1	0.10	35.0	37.0	36.00	286.2
2	0.25	34.5	39.0	36.75	274.6
3	0.40	34.0	39.0	36.50	278.4
4	0.55	43.0	42.5	42.75	202.9
5	0.70	43.5	47.5	45.50	179.1
6	0.85	45.5	47.5	46.50	171.5
7	1.00	47.0	51.0	49.00	154.5
8	1.15	47.0	51.5	49.25	152.9
9	1.30	47.0	51.0	49.00	154.5



**Grafik 1.** kekerasan pada spesimen raw material, pack carburizing 2 jam dan pack carburizing 4 jam.

### Pembahasan pengujian Kekerasan.

Dari hasil pengujian kekerasan yang dapat dilihat pada tabel 3. bahwa hasil pengujian pada raw materials memiliki nilai kekerasan *Vickers* hampir sama dari titik terluar sampai pada titik inti yaitu sebesar 246.0 VHN.

Pada spesimen *carburizing* dengan waktu tahan 2 jam pada titik ke dua mengalami kenaikan 6,504% dengan nilai 262 VHN hal ini menandakan nilai kekerasan lebih tinggi dibandingkan dengan spesimen rata-rata *raw materials*. Selanjutnya pada setiap hasil pengujian mengalami penurunan prosentase sampai pada titik ke tiga. Setelah pengujian ke tiga hasil pengujian ini mendekati nilai kekerasan rata-rata dari spesimen *raw materials*.

Pada spesimen *carburizing* dengan waktu tahan 4 jam memiliki kekerasan 279,73 VHN pada titik ke tiga, hal ini menunjukkan nilai kekerasan yang lebih tinggi dibandingkan dengan spesimen *raw material* dan spesimen *carburizing* dengan waktu tahan 2 jam naik 13,711%. selanjutnya pada setiap hasil pengujian mengalami penurunan prosentase sampai pada titik ke keempat. Setelah pengujian ke empat hasil dari pengujian ini mendekati nilai kekerasan rata-rata dari spesimen *raw materials*.

Pada grafik 1. dapat dilihat untuk spesimen *raw material* kedalaman harga rata-rata kekerasan dari titik terluar sampai pada inti kekerasan *vickers* hampir sama hal ini di sebabkan oleh beberapa faktor:

1. Pada proses pemotongan material masih ada tegangan sisa.
2. Pada proses pengamplasan terjadi gesekan.
3. Material Belum terjadi proses herdening.

Pada grafik 1. Pada *carburizing* 2 jam harga kekerasan yang sama dengan *raw material* di titik antara 2 dan 3. Pada *carburizing* 4 jam harga kekerasan yang hampir sama dengan raw material di titik antara 3 dan 4

### KESIMPULAN

Setelah melakukan analisa dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil pengujian komposisi kimia *raw material* Jumlah unsur mangan (Mn) sebagai paduan khusus pada material tersebut kurang dari 8,0%, sehingga *raw material* ini termasuk dalam baja paduan rendah.

2. Pengujian struktur mikro raw material lebih banyak kristal ferrit dibandingkan kristal perlit. *pack carburizing* 2 jam terdapat perlit dan sedikit ferrit. *Pack carburizing* 4 jam terdapat perlit dan sedikit ferrit.
3. Pengujian kekerasan pada raw materials memiliki nilai kekerasan *Vickers* sebesar 246.0 VHN. *carburizing* 2 jam pada titik ke dua mengalami kenaikan 6,504% dengan nilai 262 VHN. Spesimen *carburizing* dengan waktu tahan 4 jam memiliki kekerasan 279,73 VHN pada titik ke tiga naik 13,711%.

## **SARAN**

Setelah melakukan penelitian penulis memberikan saran yang bisa dijadikan pertimbangan, yaitu:

1. Dalam pemilihan bahan agar lebih diperhatikan dengan kondisi di pasaran sehingga bahan pengujian mudah untuk didapat.
2. Pada gerabah di lakukan visualisasi untuk memastikan tidak ada retakan yang akan membuat spesimen *pack carburizing* menjadi dekarburasi atau proses oksidasi yang berlebihan dengan udara luar.
3. Dalam melakukan persiapan untuk pengujian struktur mikro dan kekerasan sebaiknya benda uji benar-benar diperhatikan kerataannya dan kehalusannya agar tidak menjadi penghambat dalam melakukan pengujianya.
4. Diharapkan untuk keperluan mahasiswa teknik mesin UMS, lab. teknik lebih dilengkapi fasilitasnya guna kemajuan pengetahuan mahasiswa dari segi praktikum.
5. Untuk ke depan penelitian ini diharapkan menggunakan bahan energizer seperti  $\text{NaCO}_3$ ,  $\text{KNO}_3$  agar bisa dibandingkan dengan  $\text{BaCO}_3$  terhadap efisiensi pada material pengkarbonan.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Amstead, B.H., Ostwald, P.F., dan Begeman, M.L., 1995, *Teknologi Mekanik*, Jilid 1, Edisi Ketujuh, terj. Djaprie S., Erlangga, Jakarta.
- DeGarmo, E. P., 1969, *Material and Processes in Manufacturing*, Mac Millan Company, New York.
- Niemann, G., 1994, *Elemen Mesin*, Jilid 1, Edisi ke-2, PT. Erlangga, Jakarta.
- Nugroho, A., 2008, "*Pengaruh Carburizing Arang kayu jati dan Arang Cangkang kelapa dengan Austempering pada Mild Steel (baja lunak) produk pengecoran terhadap sifat fisis dan mekanis*", Tugas Akhir S-1, teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.

- Rabinkin, A., *Manganese provides a completely austenitic structure which exhibits antiferromagnetic behavior*, Jurnal vol. 2 (Desember 2006), p. 77-84. Diakses 08 mey 2012, jam 08:30 am dari *Calphad*.  
<http://www.calphad.com/iron-manganese.html>
- Rianggoro, D., 2002, "*Pengaruh Carburizing pada Mild Steel (Baja Lunak) Produk Pengecoran Menggunakan Arang Kayu Jati dengan Waktu Tahan 3 Jam, 4 Jam, dan 7 Jam dengan Austempering Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis*", Tugas Akhir S-1, Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Rofani, 2009, "*pengaruh suhu carburizing menggunakan media arang batok kelapa terhadap kekerasan dan ketahanan aus gigi baja AISI 40*". Tugas Akhir S-1, Institut Teknologi Surabaya, Surabaya.
- Surdia, T., dan Saito S., 1995, *Pengetahuan Bahan Teknik*, Edisi ke-4, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Vlack, L. H. V., 1992, *Ilmu dan Teknologi Bahan*, Edisi Kelima, terj. Djaprie S., Erlangga, Jakarta.
- Vliet, G. L. J. V., dan Both, W., 1984, *Teknologi untuk Bangunan Mesin : Bahan-bahan I*, Cetakan ke-1, terj. Haroen PT. Erlangga, Jakarta.
- Yoshrizal H., 2005, "*Analisis pengerasan permukaan baja karbon rendah dengan metode Carburizing dengan waktu tahan 3 jam,4 jam dan 5 jam*" Tugas Akhir, Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Widiyanto, E., 2002, "*Penerapan Teknologi Tepat Guna Pelaratan dan Proses Pack Carburising Untuk Peningkatan Kualitas Produk Alat-alat Pertanian*", Tugas Akhir S-1, Teknik Mesin Institut Teknologi Surabaya, Surabaya.