

**ANALISA NILAI KEKERASAN BAJA S-35 C
DALAM PROSES KARBURASI PADAT
MEMANFAATKAN TULANG SAPI SEBAGAI KATALISATOR
DENGAN VARIASI WAKTU PENAHANAN**

**Eka R. M. A. P. Lilipaly,^{*)}
Leslie. S. Lopies^{**)}**

Abstract

S-35 C, is a low steel carbon type with 0,30% - 0,35% carbon composition, which has a low hardness. This matter can be overcome by changing the hardness of this steel through heat treatment process. Heat treatment method used in this experiment is pack carburizing method. Experiment results showed that with composition of 1 kg of carbon and 30% beef bones with 10 minutes holding time, there was 11,10 HRC number increased. With 15 minutes of holding time, 17,30 HRC number increased. HRC number increased by 23,58 on 20 minutes holding time, and on 25 minutes of holding time the hardness value increased till 30,04 HRC number. This experiment verified that the longer time was being held in a heat treatment process deliver a harder steel, and also prove that beef bones can be used as a catalyst in pack carburizing proses.

Keyword : Hardness number, pack carburizing, beef bones.

I. PENDAHULUAN

Produksi logam sebagian besar adalah baja. Baja adalah logam besi yang banyak digunakan baik dalam dunia industri-industri, kebutuhan rumah tangga (seperti parang, linggis, pisau dan lainnya) atau bidang kerja lain. Dalam bidang perbengkelan sebagian besar peralatannya terbuat dari baja misalnya mata pahat bubut, bor dan lainnya yang dalam penggunaan sehari-hari juga dapat mengalami penumpukan (keausan) atau kerusakan akibat bersentuhan dengan benda keras. Untuk mendapatkan baja dengan nilai kekerasan tertentu agaklah sulit, walaupun ada harganya cukup mahal. Oleh karena itu perlu adanya terobosan untuk mencari alternatif lain untuk mengubah nilai kekerasan baja yang tersedia khususnya baja karbon rendah. Untuk mengubah nilai kekerasan dari baja karbon rendah diperlukan beberapa proses pengerjaan logam salah satu diantaranya melalui proses penambahan karbon dari baja tersebut atau yang sering disebut karburasi. Baja dengan kadar karbon rendah (dibawah 0,3%C), dapat dikarbonkan, khusus untuk baja S-35C dengan 0,20% s/d 0,35% C yang memiliki sifat kurang baik untuk disepuh namun dapat disementir.

Salah satu proses perlakuan panas logam adalah proses karburasi (*carburizing*) yang bertujuan meningkatkan ketahanan aus dan ketahanan terhadap pembebanan yang tiba-tiba dan karakteristik fatiq dengan cara menambah kekerasan permukaan logam. Biasanya untuk proses karburasi digunakan karbon (arang kayu nani) di campur dengan barium karbonat sebagai

media pengarbonan padat melalui proses pemanasan.

Tetapi dengan pemanfaatan sumber daya alam lokal, Barium Carbonat ($BaCO_3$) dapat diganti dengan Tulang Sapi dengan kadar kalsium karbonat ($CaCO_3$) dengan presentasi 20 s/d 30%. Dengan demikian maksud dari proses karburasi ini agar baja karbon rendah tersebut mampu menyerap karbon (pengarbonan) pada lingkungan yang mampu menyerahkan karbon padanya supaya dapat meningkatkan nilai kekerasan (sifat-sifat mekanis) dari baja tersebut.

Penelitian ini menggunakan komposisi karbon (arang kayu nani) sebanyak 1 kg dan bubuk tulang sapi sebesar 30% dengan variasi waktu penahanan yaitu 10, 15, 20, dan 25 menit, serta memakai metode pengujian kekerasan Rockwell dengan beban 150 kPa untuk mendapatkan nilai kekerasan baja tersebut. Media pendingin yang dipakai adalah oli SAE 20W-50.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Baja merupakan salah satu jenis logam yang banyak digunakan dengan unsur karbon sebagai salah satu dasar campurannya. Di samping itu baja juga mengandung unsur-unsur lain seperti sulfur (S), fosfor (P), silikon (Si), mangan (Mn), dan sebagainya yang jumlahnya dibatasi. Sifat baja pada umumnya sangat dipengaruhi oleh prosentase karbon dan struktur mikro. Struktur mikro pada baja karbon dipengaruhi oleh perlakuan panas dan komposisi

^{*)} Eka R.M.A Lilipaly; Dosen Jurusan Mesin Politeknik Negeri Ambon

^{**)} Leslie Lopies; Dosen Jurusan Mesin Politeknik Negeri Ambon

baja. Karbon dengan unsur campuran lain dalam baja membentuk karbid yang dapat menambah kekerasan, tahan gores dan tahan suhu baja. Perbedaan prosentase karbon dalam campuran logam baja karbon menjadi salah satu cara mengklasifikasikan baja. Berdasarkan kandungan karbon, baja dibagi menjadi tiga macam, yaitu :

1. Baja karbon rendah

Baja karbon rendah (*low carbon steel*) mengandung karbon dalam campuran baja karbon kurang dari 0,3%. Baja ini bukan baja yang keras karena kandungan karbonnya yang rendah kurang dari 0,3%C. Baja karbon rendah tidak dapat dikeraskan karena kandungan karbonnya tidak cukup untuk membentuk struktur martensit (Amanto, 1999).

2. Baja karbon menengah

Baja karbon sedang mengandung karbon 0,3%C – 0,6%C (*medium carbon steel*) dan dengan kandungan karbonnya memungkinkan baja untuk dikeraskan sebagian dengan perlakuan panas (*heat treatment*) yang sesuai. Baja karbon sedang lebih keras serta lebih kuat dibandingkan dengan baja karbon rendah (Amanto, 1999).

3. Baja karbon tinggi

Baja karbon tinggi mengandung 0,6%C – 1,5%C dan memiliki kekerasan tinggi namun keuletannya lebih rendah, hampir tidak dapat diketahui jarak tegangan lumernya terhadap tegangan proporsional pada grafik tegangan regangan. Berkebalikan dengan baja karbon rendah, pengerasan dengan perlakuan panas pada baja karbon tinggi tidak memberikan hasil yang optimal dikarenakan terlalu banyaknya martensit sehingga membuat baja menjadi getas.

Tulang sapi merupakan salah satu komponen dari limbah RPH. Tulang potensinya cukup besar mengingat bobot yang dihasilkan cukup besar yakni mencapai 15% dari berat bobot. Bahan padatan utama tulang mengandung kristal kalsium hidroksiapatit $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ dan kalsium karbonat (CaCO_3) yang berpotensi digunakan sebagai adsorben aktif, yakni tulang yang diproses sedemikian rupa sehingga mempunyai kemampuan adsorpsi yang tinggi terhadap bahan yang berbentuk padat maupun larutan (yang didalamnya mengandung logam berat yang bersifat toksik). Tulang sapi merupakan tempat penyimpanan garam kalsium didalam hewan. Mineral yang utama adalah kalsium fosfat dan karbonat. Selain itu tulang mengandung sekitar 1% asam sitrat. Hasil analisis menunjukkan bahwa penyusunan utama

tulang adalah trikalsium fosfat dengan sebagian kecil kalsium karbonat.(Desroiser, 1989).

Perlakuan panas didefinisikan sebagai kombinasi operasi pemanasan dan pendinginan terhadap logam atau paduan dalam keadaan padat dengan waktu tertentu, yang dimaksud memperoleh sifat-sifat tertentu. Pengerasan permukaan disebut juga *case hardening*, dapat juga dikatakan sebagai suatu proses laku panas yang diterapkan pada suatu logam agar memperoleh sifat-sifat tertentu. Dalam hal ini hanya pengerasan permukaannya saja. Dengan demikian lapisan permukaan mempunyai kekerasan yang tinggi, sedangkan bagian yang dalam tetap seperti semula, yaitu dengan kekerasan rendah tetapi keuletan atau ketangguhannya tinggi.

Karena banyaknya cara proses pengerasan permukaan diantaranya adalah :

- o *Carburizing*(karburasi menggunakan media padat, cair, atau gas)
- o *Nitriding*, dll.

Karburasi atau *Carburizing* adalah proses perlakuan termokimia, umumnya diterapkan pada jenis baja yang mudah dikeraskan. Dengan demikian agar baja tersebut dapat dikeraskan permukaannya, komposisi karbon pada baja harus berkisar antara 0,3 sampai 0,9 % karbon. Bila lebih dari 0,9 % harus dihindarkan karena dapat menimbulkan pengelupasan dan bahkan keretakan.

Proses karburasi ini biasanya dilakukan pada baja karbon rendah yang mempunyai sifat lunak dan keuletan tinggi. Tujuan dari proses karburasi adalah untuk meningkatkan ketahanan aus dengan jalan mempertinggi kekerasan permukaan baja karbon dan meningkatkan karakteristik fatik dari baja karbon tersebut. Manfaat yang patut dipertimbangkan dalam penerapan proses karburasi adalah bahwa proses karburasi akan menghasilkan deformasi yang sangat kecil dibandingkan pada proses pengerasan yang diperoleh melalui pendinginan (*quenching*).

Penambahan karbon yang disebut *carburizing* atau karburasi, dilakukan dengan cara memanaskan pada temperatur yang cukup tinggi yaitu pada temperatur austenit dalam lingkungan yang mengandung atom karbon aktif, sehingga atom karbon aktif tersebut akan berdifusi masuk ke dalam permukaan baja dan mencapai kedalaman tertentu.

Ada 3 cara dalam penambahan karbon atau karburasi (*carburizing*), yaitu :

1. Menggunakan medium padat atau *Pack Carburizing*

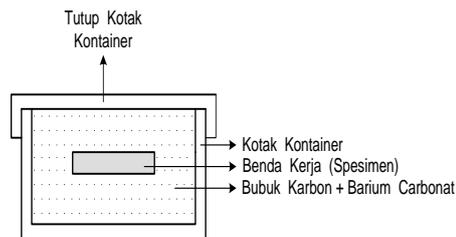
Benda kerja dimasukkan ke dalam kotak yang berisi bubuk karbon dan ditutup rapat kemudian dipanaskan pada temperatur austenit, yaitu antara 825⁰ C - 925⁰ C selama waktu tertentu. Bahan carburizing terdiri dari bubuk karbon aktif 60 %, ditambah BaCO₃ (*Barium Carbonat*) atau NaCO₃ (*Natrium Carbonat*) sebanyak 40 % sebagai energizer atau activator yang mempercepat proses karburisasi. Namun biasanya BaCO₃ yang dipakai karena lebih mudah terurai dari pada NaCO₃. Sebenarnya tanpa energizerpun dapat terjadi proses carburizing karena temperatur sangat tinggi, maka karbon teroksidasi oleh oksigen yang terperangkap dalam kotak menjadi CO₂, reaksi dengan karbon bereaksi terus hingga didapat ;



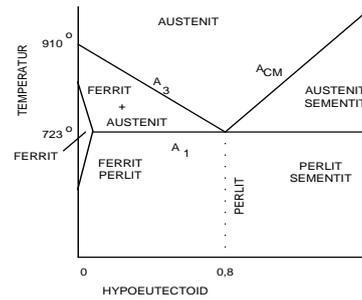
Dengan temperatur yang semakin tinggi keseimbangan reaksi makin cenderung ke kanan, makin banyak CO. Pada permukaan baja CO akan terurai ;



Dimana C yang terbentuk ini berupa atom karbon yang dapat masuk berdifusi ke dalam fase austenit dari baja. Dengan adanya energizer proses akan lebih mudah berlangsung karena meskipun udara yang terperangkap sedikit, tetapi energizer menyediakan CO₂ yang akan segera mulai mengaktifkan reaksi - reaksi selanjutnya.



Gambar 1. Kotak sementasi



Gambar 2. Potongan Diagram Fase Fe-Fe₃C

2. Menggunakan medium cair atau *Liquid Carburizing*

Pada karburasi yang menggunakan medium cair atau *Liquid Carburizing* biasanya pemanasan benda kerja menggunakan garam cair (*salt bath*) yang terdiri dari campuran *sodium cyanide* (NaCN) atau *potasium cyanide* (KCN) yang berfungsi sebagai karburasi agent yang aktif, dengan Na₂CO₃ yang berfungsi sebagai energizer dan penurun titik cair garam.

3. Menggunakan medium gas atau *Gas Carburizing*.

Pada proses karburasi menggunakan medium gas atau *gas carburizing*, baja dipanaskan didalam dapur pemanas dengan tekanan (atmosfer) yang banyak mengandung gas CO dan gas *hydrokarbon* misalnya methana, ethana, propana, dan lain - lain. Proses ini dilakukan pada tungku pit (*pit furnace*). Pemanasan dilakukan pada temperatur 900⁰ C - 940⁰ C.

Setelah lapisan kulit mengandung cukup karbon, proses dilanjutkan dengan pengerasan yaitu dengan pendinginan untuk mencapai kekerasan yang tinggi. Disini penguji memakai pengujian kekerasan dengan menggunakan metoda pengujian Rockwell. Pada cara Rockwell pengukuran langsung dilakukan oleh mesin, dan mesin langsung menunjukkan angka kekerasan dari bahan yang diuji. Cara ini lebih cepat dan akurat. Nilai kekerasan dari pengujian Rockwell ini ditentukan oleh perbedaan kedalaman penembusan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil eksperimen yang dilakukan dapat dilihat pada tabel-tabel berikut :

Tabel 1. Nilai Kekerasan Benda Uji dengan Waktu Penahanan 10 menit (Pelat A)

Titik Pengujian	Nilai Kekerasan (HRC)	
	Sebelum	Sesudah
1	99,50	107,00
2	97,00	102,00
3	94,50	104,00
4	96,50	109,00
5	95,00	112,50
6	91,50	104,50
7	95,50	106,00
8	93,50	112,50
9	90,50	109,50
10	95,00	109,00
11	98,50	106,50
12	98,50	109,50
13	97,50	108,00
14	97,00	108,50
15	99,00	108,00
16	97,00	108,00
17	98,50	107,00
18	99,00	110,00
19	99,50	106,00
20	99,50	107,00

Rata-rata **96,63** **107,73**

Berdasarkan hasil eksperimen untuk benda uji dengan komposisi 1 kg karbon dan 30% tulang sapi waktu penahanan 10 menit, diperoleh nilai kekerasan rata-rata pelat A :

Sebelum proses karburasi : 96,63 HRC
 Sesudah proses karburasi : 107,73 HRC

Δ Nilai kekerasan rata – rata pelat A

$$= 107,73 - 96,63$$

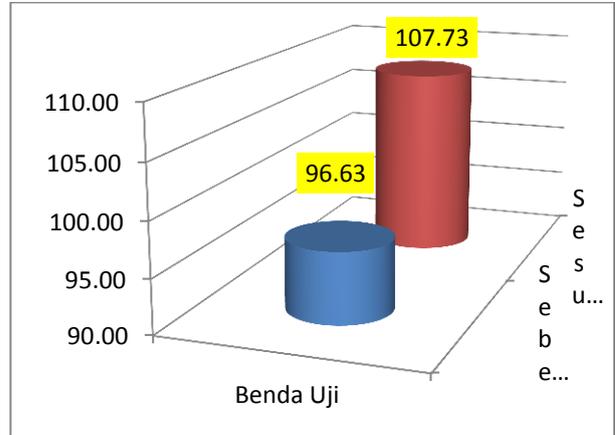
$$= 11,10 \text{ HRC}$$

Untuk laju proses karburasi diperoleh dengan :

Laju Proses Karburasi

$$= \frac{\Delta \text{Nilai Kekerasan}}{\text{Waktu Penahanan}}$$

$$= \frac{11,10}{10 \text{ menit}} = 1,11 \frac{\text{HRC}}{\text{menit}}$$



Gambar 4. Nilai kekerasan rata-rata pelat A sebelum dan sesudah proses Karburasi

Tabel 2. Nilai Kekerasan Benda Uji dengan Waktu Penahanan 15 menit (Pelat B)

Titik Pengujian	Nilai Kekerasan (HRC)	
	Sebelum	Sesudah
1	97,50	108,50
2	98,00	107,00
3	95,00	117,00
4	98,00	110,50
5	97,00	114,00
6	96,50	114,50
7	101,00	112,50
8	96,00	114,50
9	101,50	116,00
10	99,00	115,50
11	94,00	114,00
12	95,00	118,00
13	94,00	112,50
14	94,00	113,00
15	97,00	115,00
16	96,50	118,00
17	97,50	117,00
18	97,50	112,50
19	98,00	114,00
20	96,00	115,50

Rata - rata **96,95** **113,98**

Berdasarkan hasil eksperimen untuk penahanan waktu 15 menit, diperoleh nilai kekerasan rata-rata pelat B :

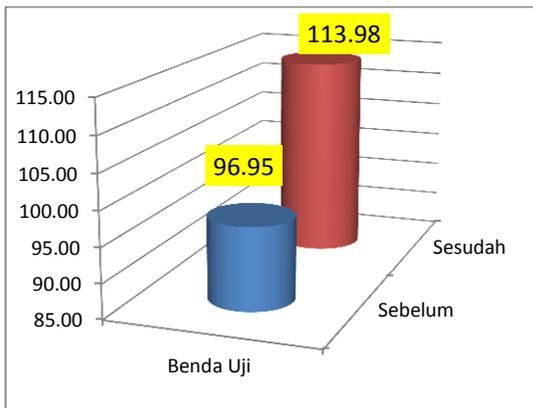
Sebelum proses karburasi : 96,95 HRC
 Sesudah proses karburasi : 113,98 HRC

$$\begin{aligned} \Delta \text{ Nilai kekerasan rata - rata pelat B} \\ &= 113,98 - 96,95 \\ &= 17,03 \text{ HRC} \end{aligned}$$

Untuk laju proses karburasi, diperoleh :

Laju Proses Karburasi

$$\begin{aligned} &= \frac{\Delta \text{ Nilai Kekerasan}}{\text{Waktu Penahanan}} \\ &= \frac{17,03}{15 \text{ menit}} 1,14 \frac{\text{HRC}}{\text{menit}} \end{aligned}$$



Gambar 5. Nilai kekerasan rata-rata pelat B sebelum dan sesudah proses Karburasi

Tabel 3. Nilai Kekerasan Benda Uji dengan Waktu Penahanan 20 menit (Pelat C)

Titik Pengujian	Nilai Kekerasan (HRC)	
	Sebelum	Sesudah
1	96,00	121,00
2	94,50	119,50
3	96,50	120,50
4	91,50	119,00
5	99,00	115,00
6	98,00	118,00
7	93,00	120,50
8	93,00	118,50

9	98,50	119,00
10	98,50	114,00
11	98,00	121,00
12	97,50	120,00
13	98,00	125,00
14	98,00	123,00
15	97,50	120,50
16	94,00	121,00
17	97,00	120,00
18	96,50	122,00
19	98,00	124,50
20	97,50	120,00
	96,53	120,10

Berdasarkan hasil eksperimen untuk penahanan waktu 20 menit, diperoleh nilai kekerasan rata-rata pelat C :

Sebelum proses karburasi : 96,53 HRC
 Sesudah proses karburasi : 120,10 HRC

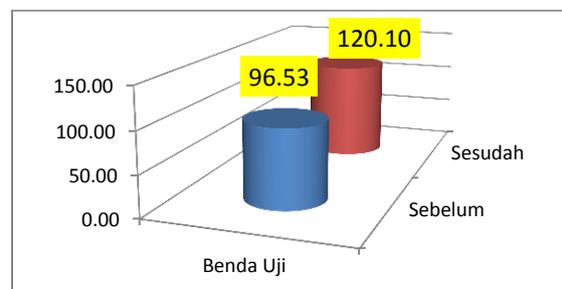
Δ Nilai kekerasan rata - rata pelat C

$$\begin{aligned} &= 126,50 - 96,50 \\ &= 23,58 \text{ HRC} \end{aligned}$$

Untuk laju proses karburasi, diperoleh :

Laju Proses Karburasi

$$\begin{aligned} &= \frac{\Delta \text{ Nilai Kekerasan}}{\text{Waktu Penahanan}} \\ &= \frac{23,58}{20 \text{ menit}} 1,18 \frac{\text{HRC}}{\text{menit}} \end{aligned}$$



Gambar 6. Nilai kekerasan rata-rata pelat C sebelum dan sesudah proses Karburasi

Tabel 4. Nilai Kekerasan Benda Uji dengan Waktu Penahanan 25 menit (Pelat D)

Titik Pengujian	Nilai Kekerasan (HRC)	
	Sebelum	Sesudah
1	96,00	125,00
2	96,00	121,00
3	98,50	132,00
4	97,00	128,00
5	97,50	130,00
6	97,50	128,00
7	96,00	133,50
8	98,50	128,00
9	97,50	120,00
10	97,50	132,00
11	96,50	120,00
12	97,50	123,00
13	91,00	125,00
14	99,00	126,50
15	94,00	132,00
16	95,00	124,00
17	95,00	132,00
18	97,50	123,00
19	96,00	135,00
20	96,50	120,00
	96,50	126,90

Berdasarkan hasil eksperimen untuk penahanan waktu 25 menit, diperoleh nilai kekerasan rata-rata pelat D :

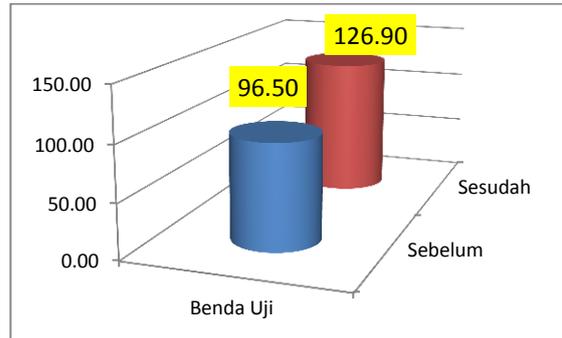
Sebelum proses karburasi : 96,50 HRC
 Sesudah proses karburasi : 126,90 HRC

$$\begin{aligned} \Delta \text{Nilai kekerasan rata - rata pelat D} &= 126,90 - 96,50 \\ &= 30,40 \text{ HRC} \end{aligned}$$

Untuk laju proses karburasi, diperoleh :

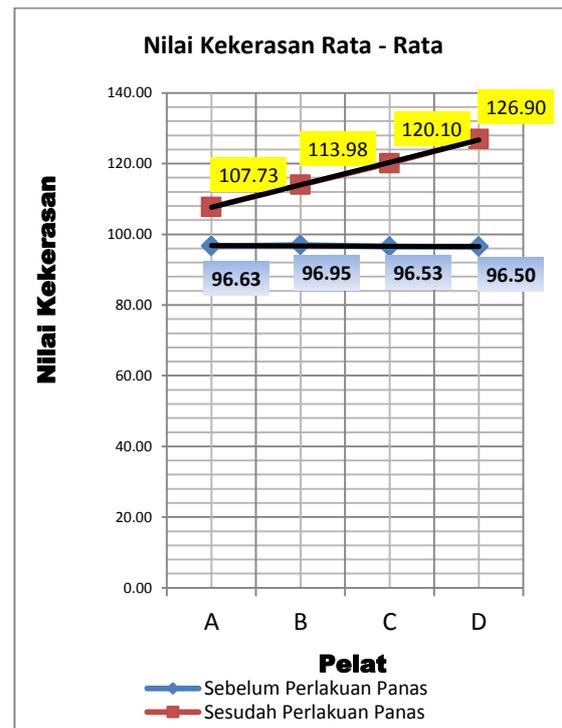
Laju Proses Karburasi

$$\begin{aligned} &= \frac{\Delta \text{Nilai Kekerasan}}{\text{Waktu Penahanan}} \\ &= \frac{30,40}{25 \text{ menit}} 1,22 \frac{\text{HRC}}{\text{menit}} \end{aligned}$$



Gambar 7. Nilai kekerasan rata-rata pelat D sebelum dan sesudah proses Karburasi

Seiring dengan penahanan waktu yang semakin lama, nilai kekerasan sesudah *pack carburizing* juga semakin meningkat. Berikut gambar yang menunjukkan peningkatan nilai kekerasan rata-rata untuk tiap pelat.

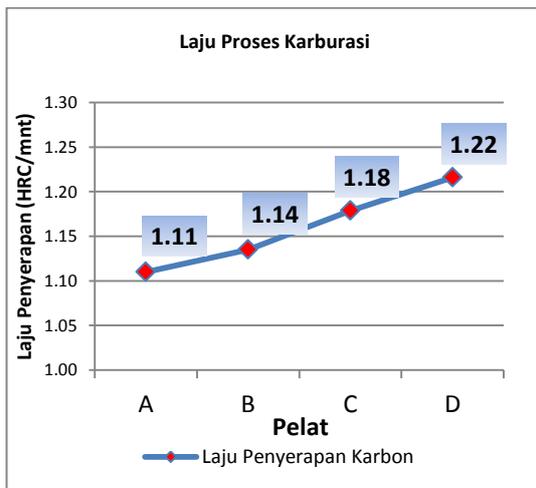


Gambar 8. Nilai Kekerasan Rata - Rata Tiap Pelat

Grafik menunjukkan bahwa peningkatan nilai kekerasan tertinggi terdapat pada pelat D, dengan waktu penahanan paling lama (25 menit), sebesar 126,90, dari nilai kekerasan rata-rata awal 96,50. Nilai kekerasan rata-rata pada pelat ini meningkat sekitar 23,96%.

Peningkatan nilai kekerasan ini terjadi setelah proses *pack carburizing*, semakin lama waktu penahanan, penyerapan karbon yang terjadi saat proses *pack carburizing* semakin banyak, dan menghasilkan nilai kekerasan yang semakin meningkat.

Perhitungan laju proses karburasi menunjukkan bahwa semakin lama penahan waktu (*holding time*), semakin cepat proses penyerapan karbon. Laju proses penyerapan karbon yang terjadi dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 9. Laju Proses Karburasi

Kecepatan laju proses karburasi yang semakin meningkat ini terjadi karena semakin lama waktu penahanan. Bertambah lamanya waktu penahanan menyebabkan fasa austenit pada pelat baja S 35 C semakin merata, sehingga karbon terserap semakin banyak dan semakin cepat.

Kecepatan laju proses karburasi yang semakin meningkat ini terjadi karena semakin lama waktu penahanan. Bertambah lamanya waktu penahanan menyebabkan fasa austenit pada pelat baja S 35 C semakin merata, sehingga karbon terserap semakin banyak dan semakin cepat.

V. KESIMPULAN

Penelitian menunjukkan bahwa tulang sapi dapat dipergunakan sebagai alternatif katalisator pengganti BaCO₃ (Barium Carbonat) dalam proses Karburasi Padat. Laju penyerapan karbon paling cepat terjadi pada proses dengan

penahanan waktu 25 menit dengan komposisi 1 kg karbon (arang kayu nani) dan 30% tulang sapi yaitu sebesar 1,22 HRC/menit. Peningkatan nilai kekerasan rata-rata terbesar juga terjadi pada penahanan waktu 25 menit, sebesar 23,96%.

DAFTAR PUSTAKA

- Beumer Ing, B. J. M., (1994): *Ilmu Bahan Logam*. Terjemahan B. S. Anwir. Jilid III. Penerbit Bhatara. Jakarta
- Hari, A. dan Daryanto. (1999): *Ilmu Bahan*. Bumi Aksara. Jakarta.
- Materi kuliah Ilmu Bahan. ITS. Surabaya
- Mochoyidin, A., (2004): *Analisa Pengaruh Waktu Tahan Terhadap Baja Karbon Rendah Dengan Metode Pack Carburizing*.
<http://One.Indoskripsi.Com/Node/>
- Odink, A., (1947): *Ensiklopedia Material Untuk Konstruksi Permesinan*. Edisi Ketiga. Moskow.
- Pengetahuan Bahan 2. ITB. Bandung.
- Schonmentz, I. A., dkk. (1985): *Pengetahuan Bahan Dan Pengerjaan Logam*. Penerbit Angkasa. Bandung
- Suratman, Rochim., (1994): *Panduan Proses Perlakuan Panas*. Lembaga Penelitian ITB. Bandung
- Van Vlack, L., (1992): *Ilmu dan Teknologi Bahan*. Terjemahan Srianti Djaprie. Edisi Kelima. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Wardoyo, J. T., (2005): *Metode Peningkatan Tegangan Tarik Dan Kekerasan Pada Baja Karbon Rendah Melalui Baja Fasa Ganda*. <http://www.indoskripsi.com>