

# Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

## M3-019 Pengaruh Variasi Sumber Karbon pada Proses Pack Carburizing Terhadap Distribusi Nilai Kekerasan Baja KRUPP 1191

I Kt. Suarsana, I Ketut Gede Sugita

Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik  
Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran  
E-mail : suarsana@me.unud.ac.id

### ABSTRAK

*Baja merupakan salah satu jenis logam yang paling banyak digunakan dalam bidang teknik yang pemakaiannya dalam suatu elemen mesin mensyaratkan kekuatan mekanis yang cukup baik seperti kekerasan, keuletan, tahan aus, dan sebagainya. Peningkatan kualitas sifat mekanis baja seperti kekerasan, ketangguhan dan umur lelah baja dapat dilakukan dengan cara case hardening, dimana salah satu metodenya adalah pack carburizing. Dengan pengerasan permukaan diperoleh kekerasan yang tinggi pada bagian permukaan sedangkan bagian dalam (inti) masih tetap ulet, sehingga material menjadi lebih tahan terhadap beban gesek dan juga tangguh dalam menerima beban dinamis atau beban kejut. Material yang digunakan dalam penelitian adalah baja KRUPP 1191, ini dibuat dalam bentuk spesimen uji sesuai dengan standar ASTM E-466.*

*Proses carburizing dilakukan menggunakan arang tulang sapi, arang kayu bakar kopi serta arang batok kelapa sebagai sumber karbon. Masing-masing sumber arang aktif tersebut digunakan dengan komposisi sebagai media carburizing adalah : 80% arang tempurung kelapa, 10% BaCO<sub>3</sub> (barium carbonate), dan 10% CaCO<sub>3</sub> (calcium carbonate) dan 80% arang tulang sapi, 10% BaCO<sub>3</sub> (barium carbonate), dan 10% CaCO<sub>3</sub> (calcium carbonate) serta 80% arang kayu bakar kopi, 10% BaCO<sub>3</sub> (barium carbonate), dan 10% CaCO<sub>3</sub> (calcium carbonate). Temperatur pack carburizing yang digunakan adalah 926°C. Pengujian kekerasan Vickers dilakukan untuk mengetahui distribusi kekerasan dari luar/kulit ke inti material akibat dari variasi parameter yang diperlakukan tersebut.*

*Hasil dari Proses pack carburizing memberikan pengaruh terhadap kekerasan baja KRUPP 1191 dikarenakan difusi dari media carburizing. Kenaikan nilai kekerasan setelah proses carburizing dapat meningkatkan kekerasan permukaan rata-rata hingga kedalaman 2 sampai 3 mm. Sedangkan pada inti spesimen tidak mengalami perubahan kekerasan tetap seperti kondisi tanpa perlakuan.*

**Kata Kunci :** *Distribusi kekerasan, Pack Carburizing, arang tulang, arang batok kelapa dan arang kayu kopi.*

### Pendahuluan

# Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

Pemakaian baja dalam suatu elemen mesin mensyaratkan kekuatan mekanis yang cukup baik seperti kekerasan, keuletan, tahan aus, dan sebagainya. Peningkatan kualitas baja ini dapat dilakukan dengan penambahan unsur paduan, ataupun *heat treatment* dimana *quenching*, *tempering* dan *hardening* merupakan metode-metode dari *heat treatment*. Adapun *carburizing* termasuk kedalam salah satu metode *hardening*. Perlakuan panas pada baja mempunyai peranan yang sangat penting dalam upaya mendapatkan sifat-sifat mekanis tertentu yang diinginkan sesuai kebutuhan. Sifat keras dan ulet merupakan faktor yang sangat dipertimbangkan dalam perencanaan konstruksi mesin, khususnya pada bagian komponen yang berputar dan pada saat yang sama sekaligus menahan beban. Sesuai dengan kebutuhan mesin yang telah disebutkan, maka baja yang banyak digunakan adalah baja KRUPP 1191. Baja ini memiliki kelemahan yaitu : mudah aus, mudah korosi, kekuatan relatif rendah. Biasanya baja karbon ini digunakan untuk baja konstruksi mesin, poros, roda gigi, rantai, rem dan lain-lain.

Pada poros yang sering mengalami kerusakan berupa kepatahan (*fracture*) akibat beban berulang-ulang atau terjadi beban kejut. Selain itu poros juga dapat mengalami keausan akibat gesekan pada permukaannya atau bersinggungan dengan komponen mesin yang lain, seperti terjadi pada pena torak dengan dudukannya, poros engkol dengan noken as dan juga antara poros lurus dengan kedudukan roda gigi atau bantalan. Untuk mengatasi permasalahan tersebut maka dilakukan proses pengerasan permukaan (*case hardening*). Dengan pengerasan permukaan diperoleh kekerasan yang tinggi pada bagian permukaan sedangkan bagian dalam (inti) masih tetap ulet, sehingga material menjadi lebih tahan terhadap beban gesek dan juga tangguh dalam menerima beban dinamis atau beban kejut.

Pengerasan dapat dilakukan dengan proses *pack carburizing* yaitu proses penambahan karbon pada permukaan logam, dilakukan dengan cara memanaskan baja dalam lingkungan yang banyak mengandung unsur karbon aktif sehingga kekerasan logam tersebut akan meningkat pada bagian permukaan, sedangkan bagian dalamnya masih tetap dalam keadaan semula. Proses *pack carburizing* ini menggunakan arang aktif pada tempurung kelapa, kayu dan tulang, yang secara teknis memiliki kandungan karbon tinggi (%C), dengan zat pengaktif karbon (*carbonate*) adalah *barium carbonate* ( $\text{BaCO}_3$ ), dan *calcium carbonate* ( $\text{CaCO}_3$ ). Dengan perbedaan kandungan karbon dan jumlah terdifusinya menyebabkan perbedaan sifat mekanis pada logam yang diuji. Bertitik tolak dari hal tersebut maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian tentang Pengaruh Variasi Sumber Karbon pada Proses *Pack Carburizing* Terhadap Distribusi Nilai Kekerasan Baja KRUPP 1191

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai distribusi kekerasan permukaan sampai ke inti material pada baja dengan mendifusikan karbon dari arang tempurung kelapa, kayu bakar kopi dan arang tulang sapi ke dalam baja KRUPP 1191.

## Tinjauan Pustaka

Baja dapat didefinisikan suatu campuran dari besi dan karbon, dimana unsur karbon (C) menjadi dasar campurannya. Di samping itu, mengandung unsur campuran lainnya seperti sulfur (S), fosfor (P), silicon (Si), dan Mangan (Mn) yang jumlahnya dibatasi. Kandungan karbon di dalam baja kurang dari 2% atau sekitar 0,1 – 1,7%, sedangkan unsur

# Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

*Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009*

lainnya dibatasi persentasenya. Unsur paduan yang bercampur di dalam lapisan baja, untuk membuat baja bereaksi terhadap pengerjaan panas atau menghasilkan sifat-sifat yang khusus.

Unsur karbon adalah unsur campuran yang paling penting dalam pembentukan baja, jumlah persentase dan bentuknya membawa pengaruh yang amat besar terhadap sifatnya. Tujuan utama penambahan unsur campuran lain ke dalam baja adalah untuk mengubah pengaruh dari unsur karbon, sehingga berdasarkan kadar karbonnya baja dapat dikelompokkan sebagai berikut :

1. Baja karbon rendah dengan kandungan karbon 0.01 – 0.30 % C. Penggunaan Baja Karbon rendah antara lain : Baja konstruksi umum, untuk baja profil rangka bangunan, baja tulangan beton, rangka kendaraan, mur-baut, pelat, pipa dan lain-lainnya.
2. Baja karbon sedang dengan kadar karbon 0.30 – 0.60 % C. Baja Karbon sedang/menengah lebih kuat dan lebih keras lagi, Penggunaannya hampir sama dengan baja karbon rendah. Antara lain : baja konstruksi mesin, untuk poros roda gigi, rantai dan lain-lainnya.
3. Baja karbon tinggi dengan kadar karbon 0.60 – 1.50 % C. Baja Karbon tinggi lebih kuat dan lebih keras lagi, tapi keuletan dan ketangguhannya rendah. Penggunaannya antara lain : untuk mata bor, pembuatan kikir, pisau-pisau cukur, mata-mata gergaji dan peluru-peluru untuk bantalan peluru.

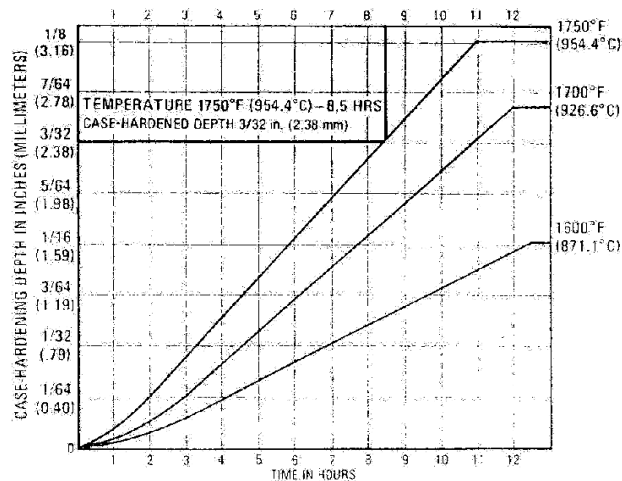
## **Pengerasan Permukaan**

Pengerasan permukaan dapat dikatakan proses laku panas untuk memperoleh pengerasan pada bagian permukaan saja yaitu :

1. Pengerasan permukaan tanpa mengubah komposisi kimia permukaan yaitu :
  - a) *Flame Hardening*
  - b) *Induction Hardening*
  - c) *Laser Hardening*
  - d) *Electron Hardening*
2. Sedangkan pengerasan permukaan dengan mengubah komposisi kimia permukaan yaitu :
  - a) *Carburizing*
  - b) *Carbon Nitriding*
  - c) *Nitriding*

## **Carburizing**

Salah satu metode pengerasan permukaan adalah Carburizing. Metode ini dilakukan dengan cara memanaskan baja dalam lingkungan yang banyak mengandung karbon aktif, baik dalam bentuk padat, cair, dan gas. Karbon-karbon yang dikandung oleh media karburisasi kemudian akan terdifusi kebagian-bagian sebelah dalam permukaan baja.

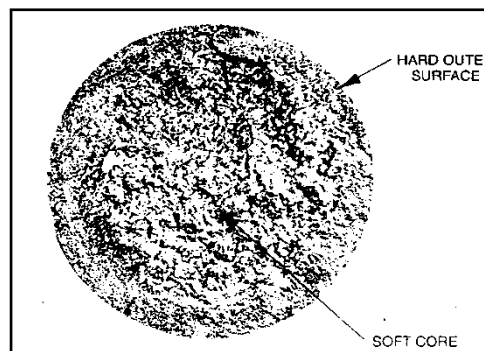


**Gambar 1 Hubungan antara Temperatur, Waktu dan Kedalaman Difusi Karbon**

**Sumber : (Krar,1998 ,Technology of machine tools halaman 750)**

Tebal lapisan karbon yang terdifusi kedalam permukaan baja tergantung pada waktu, suhu, dan bahan pengkarbonannya (arang aktif). Berdasarkan media pengkarbonannya yaitu :

1. *Solid/Pack Carburizing* (karburisasi padat)
2. *Gas Carburizing* (karburisasi gas)
3. *Liquid Carburizing* (karburisasi cair)



**Gambar 2 Patahan pada Baja yang di Case Hardening**

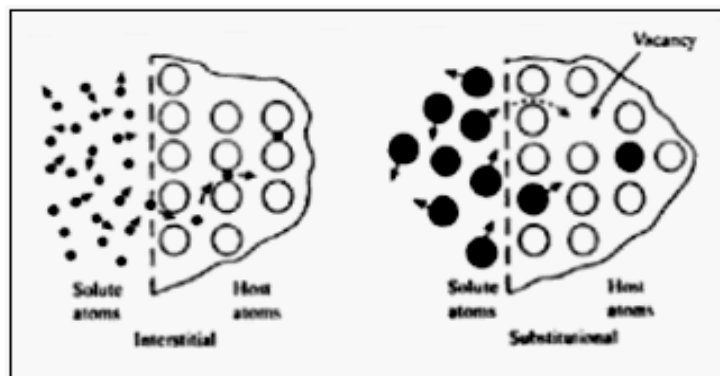
**Sumber : (Kelmar Associates)**

Proses carburizing sebenarnya merupakan proses difusi dalam keadaan padat. Adapun pengertian difusi adalah mekanisme perpindahan atom baik dalam keadaan (gas, cair, dan padat). Mekanisme ini dapat terjadi secara lowongan (*vacancy*) atau Sisipan (*interstitial*) dalam keadaan difusi beraturan (*steady-state diffusion*) atau tidak beraturan (*non steady-state diffusion*). Pengertian difusi beraturan bahwa selama proses tidak terjadi perubahan

konsentras dan reaksi, sedangkan difusi tidak beraturan terjadi perubahan konsentrasi selama proses.

## Pack Carburizing

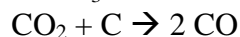
Perlakuan panas pada baja karbon rendah didasarkan pada prinsip termokimia dengan sistem difusi yaitu suatu cara untuk mengubah sifat-sifat permukaan substrat, maka dibutuhkan bahan tambah dari luar dan bahan tambahan tersebut akan terdifusi ke permukaan substrat. Proses pack carburizing didefinisikan sebagai proses pelapisan permukaan baja dengan karbon padat pada temperatur tinggi (850<sup>0</sup>C-950<sup>0</sup>C). Transformasi fasa akibat pemanasan dan pendinginan cepat permukaan luar. Difusi adalah gerak spontan dari atom atau molekul di dalam bahan yang cenderung membentuk komposisi yang seragam.



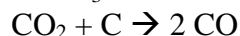
**Gambar 3 Pemodelan Terjadinya Proses Difusi**  
**Sumber : (Budinski ,1999 halaman 303)**

Model difusi pada bahan padat diperlihatkan pada gambar 3. Hukum pertama Fick's menyatakan bahwa difusi dari sebuah elemen dalam suatu bahan substrat merupakan fungsi koefisien difusi dan gradien konsentrasi. Pada saat suhu wadah (pack) mencapai suhu pemanasan akan terjadi reaksi sebagai berikut :

1. Penambahan barium carbonate pada media arang tempurung kelapa dapat mempercepat proses carburizing, yang pada suhu tinggi akan mendekomposisi energi BaCO<sub>3</sub> berubah menjadi gas CO.



Barium carbonate terurai akibat energi panas, karbon dioksida hasil penguraian tersebut bereaksi dengan karbon dalam arang membentuk carbon monoxide (CO). Begitu pula yang terjadi pada CaCO<sub>3</sub> yang berubah menjadi gas CO.



2. Carbon monoxide akan bereaksi dengan Fe



# Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

3. Selanjutnya terjadi proses difusi karbon dengan besi (Fe). Gas  $\text{CO}_2$  sisa hasil reaksi difusi akan segera bereaksi kembali dengan C dari arang dan kembali membentuk CO, proses reaksi ini berlangsung terus menerus.

Pada proses pack carburizing spesimen ditempatkan ke dalam wadah yang berisi media carburizing, kemudian dipanaskan pada suhu austenite sehingga media penambah unsur karbon saat pemanasan akan mengeluarkan gas  $\text{CO}_2$  dan CO. Gas CO ini bereaksi dan terurai pada permukaan baja karbon rendah membentuk atom karbon yang kemudian berdifusi ke permukaan baja, sehingga kadar karbon pada permukaan baja akan meningkat.

## Metode Penelitian

Baja yang digunakan untuk penelitian ini adalah Baja KRUPP 1191 merupakan baja karbon sedang, mempunyai kandungan C = 0,34-0,50%, Si = 0,15-0,40%, Mn = 0,50-0,80%, P < 0,035%, S < 0,035%, Cr = 0,40%, Mo = 0,10%, Ni = 0,40%. Memiliki sifat-sifat keuletan tinggi, kekuatan relatif rendah, dan dapat di keraskan. Baja inilah yang sering dipakai dalam dunia industri selain mudah didapat juga memiliki sifat yang baik. Tetapi dibalik kelebihananya itu baja ini memiliki kelemahan yaitu mudah aus, mudah korosi, kekuatan relatif rendah, kekerasan rendah. Biasanya baja karbon ini digunakan untuk baja konstruksi mesin, untuk poros, roda gigi, rantai, rem dan lain-lain. (<http://www.krupindo.com>) Sebagai media carburizing digunakan dua zat arang aktif yaitu : 80% arang tempurung kelapa, 10%  $\text{BaCO}_3$  (barium carbonate), dan 10%  $\text{CaCO}_3$  (calcium carbonate), 80% arang tulang sapi, 10%  $\text{BaCO}_3$  (barium carbonate), dan 10%  $\text{CaCO}_3$  (calcium carbonate), 80% arang kayu bakar kopi, 10%  $\text{BaCO}_3$  (barium carbonate), dan 10%  $\text{CaCO}_3$  (calcium carbonate).

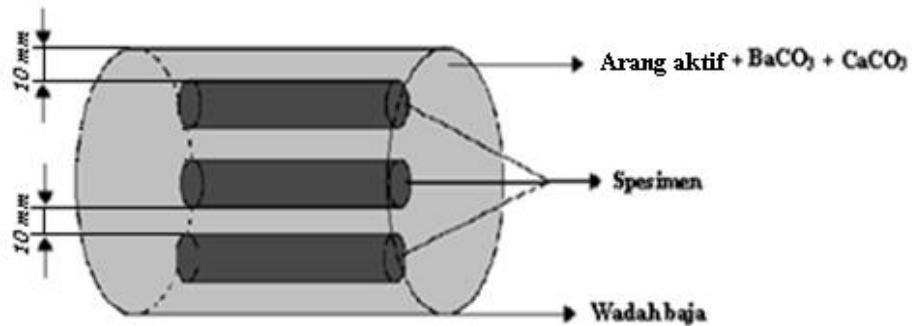
Jumlah energizer (carbonate) yang digunakan pada proses pack carburizing tidak boleh melebihi 40 % untuk mendapatkan reaksi yang sempurna untuk menguraikan karbon yang terdapat pada zat arang aktif (*The Wisconsin Engineer*, Volume 64).

## Proses Pack Carburizing

### Langkah-langkah proses pack carburizing

Karena pada topik penelitian membandingkan antara penggunaan arang tempurung kelapa, arang tulang dan arang kayu kopi sebagai arang aktif, maka akan dilakukan tiga kali proses pack carburizing dimana pada proses pertama menggunakan arang tempurung kelapa sedangkan pada proses kedua menggunakan arang tulang dan ketiga menggunakan arang kayu kopi.

1. Masukkan benda uji dan campurkan media carburizing ke dalam wadah baja berdasarkan persentase berat.
2. Jarak antara spesimen dengan spesimen lain ataupun dengan permukaan wadah dibuat 10 mm, dimana aturan penyusunan jarak minimum 3 mm (*Suherman, 1988*).



**Gambar 4 Penyusunan Spesimen pada Wadah Pack Carburizing**

3. Wadah baja yang telah berisi spesimen bercampur arang aktif dan zat aktif ditutup rapat kemudian dimasukkan kedalam dapur pemanas (furnance) dan dipanaskan pada temperatur  $926^{\circ}\text{C}$  dengan waktu penahanan selama 6 jam. Pemilihan suhu proses carburizing didasarkan pada suhu austenisasi baja karbon yaitu antara  $850\text{-}950^{\circ}\text{C}$ .
4. Setelah selesai wadah baja dikeluarkan dari dapur pemanas (furnance), kemudian keluarkan spesimen yang telah selesai di carburizing.

### Pengujian Kekerasan

Spesimen yang telah selesai di carburizing perlu dilakukan pengujian kekerasan, adapun tujuannya mengetahui nilai kekerasan sebelum dan setelah dilakukan carburizing. Pada potongan pertama diambil jarak pengujian 0,5 mm dari kulit kemudian pada setiap potongan selanjutnya tambahkan jarak 0,5 mm kearah inti untuk mengetahui distribusi kekerasannya. Adapun dilakukan pengujian kekerasan dengan penambahan jarak 0,5 mm kearah kulit adalah untuk menghindari terjadinya penumpukan indentasi yang dapat mengakibatkan kesalahan pengujian kekerasan. Lakukan 14 kali pengujian pada setiap spesimen. Lakukan langkah pengujian yang sama pada spesimen lain.



**Gambar 5 Jarak dan Arah Pengujian Kekerasan pada Potongan Spesimen Menggunakan Metode Vickers**

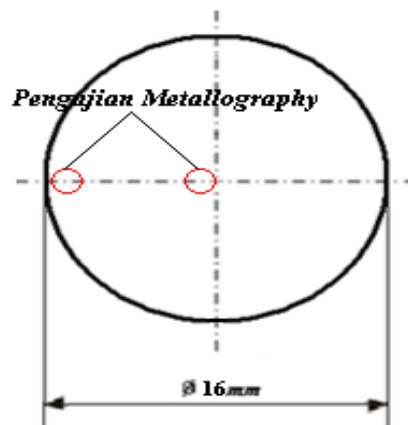
### Pengujian Struktur Mikro

- Letakan spesimen pada posisi kerja mikroskop optik.

# Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

- Atur “brightness” pada mikroskop optik agar spesimen dapat terlihat dengan jelas.
- Tempatkan mikroskop optik, agar lebih terlihat struktur mikro dari spesimen yang akan diuji.
- Atur pembesaran mulai dari  $100\times$  -  $400\times$ , dan lihatlah pada mikroskop (apabila tersambung dengan komputer bisa dilihat pada monitor) apakah struktur mikro benar-benar terlihat. Atur pembesaran hingga struktur mikro benar-benar jelas.
- Lakukan pengujian struktur mikro pada bagian tepi dan bagian inti dengan untuk mengetahui struktur mikronya.
- Foto struktur mikro pada masing-masing indentasi dari benda kerja tersebut.
- Ulangi langkah-langkah tersebut pada spesimen berikutnya.



Gambar 6 Arah Pengambilan Foto

## Hasil dan Pembahasan

Untuk memudahkan analisis data, maka dihitung rata-rata nilai kekerasannya. Dari hasil ini dapat dibuat nilai kekerasan (HVN) rata-rata dari tiap interval jarak dari masing-masing spesimen dengan media carburizing tertentu maupun spesimen yang tanpa perlakuan. Adapun hasilnya bisa dilihat di tabel I

**Tabel I**  
Nilai Kekerasan (HVN) Rata-Rata

Ti tik	Kedalaman (mm)	Media Carburizing			Tanpa Perlakuan
		80% s arang tempurung kelapa, 10% BaCO <sub>3</sub> (barium carbonate), dan 10% CaCO <sub>3</sub> (calcium carbonate)	80% arang tulang sapi, 10% BaCO <sub>3</sub> (barium carbonate), dan 10% CaCO <sub>3</sub> (calcium carbonate)	80% arang kayu kopi, 10% BaCO <sub>3</sub> (barium carbonate), dan 10% CaCO <sub>3</sub> (calcium carbonate)	

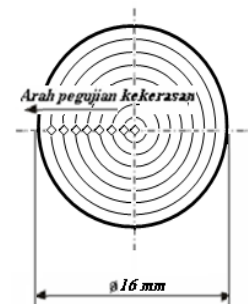
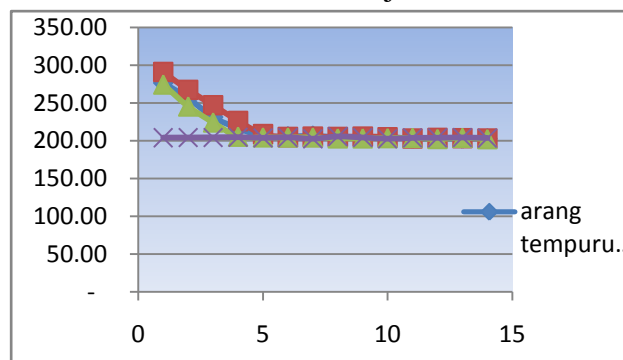


# Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

1	0.5	276,7494	291,1845	274.561	204,0895
2	1	256,2225	267,3693	245.499	204,1859
3	1.5	231,2718	247,2543	224.365	204,4187
4	2	216,5558	226,1756	205.545	204,6369
5	2.5	205,9587	208,7779	204.634	203,7304
6	3	205,6323	204,8789	203.732	204,4254
7	3.5	206,4601	205,3162	204.634	202,6091
8	4	204,4085	205,0901	203.285	205,5433
9	4.5	203,9699	205,5445	203.285	204,1871
10	5	204,5433	204,8374	203.585	202,6091
11	5,5	202,8341	203,0595	203,9505	203,7205
12	6	202,5045	203,6255	202,4545	203,8429
13	6,5	202,7303	203,2806	203,9850	204,2049
14	7	202,8385	203,0611	202,2575	203,6091

Grafik 1. Distribusi Kekerasan dari baja KRUPP 1191 dengan proses pack Carburizing



Tabel II

Persentase Kenaikan Nilai Kekerasan (HVn) dari proses tanpa perlakuan

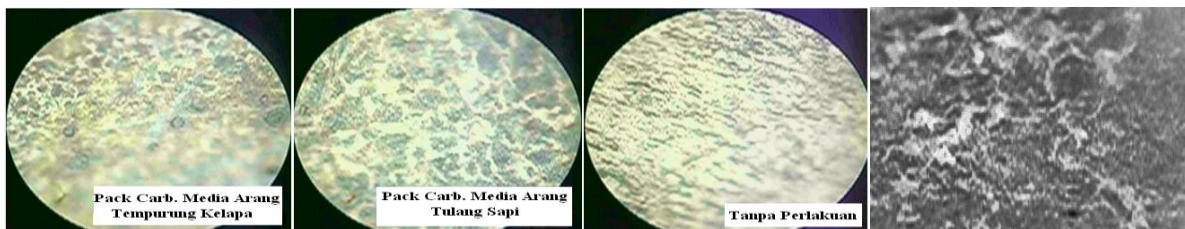
Pengujian	Jarak dari	Media carburizing	Media carburizing	Media carburizing
-----------	------------	-------------------	-------------------	-------------------

# Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

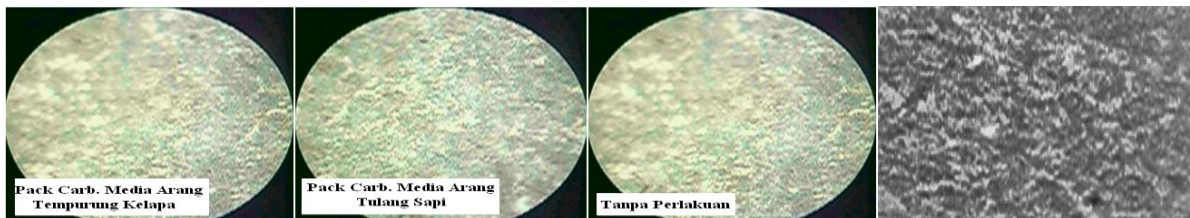
ke	kulit (mm)	arang tempurung kelapa (HVN)	arang tulang sapi (HVN)	arang kayu kopi (HVN)
1	0.5	35.60 %	42.67 %	34.53 %
2	1	25.48 %	30.94 %	20.23 %
3	1.5	13.14 %	20.95 %	9.76 %
4	2	5.82 %	10.53	0.44 %
5	2.5	1.09 %	2.48 %	0.44 %
6	3	0.59 %	0.22 %	0.05 %

Dari grafik 1 terlihat bahwa arang tulang sapi memberikan distribusi nilai kekerasan yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan arang tempurung kelapa dan arang kayu kopi. Adapun perbedaan nilai kekerasan pada spesimen yang dilakukan proses pack carburizing menggunakan media carburizing arang tempurung kelapa dan arang tulang sapi, dikarenakan perbedaan kandungan mineral dan jumlah kandungan mineral yang terkandung dalam media carburizing tersebut. Kandungan mineral lain ternyata lebih banyak terdapat pada arang tulang sapi seperti kalsium (Ca), besi (Fe), magnesium (Mg), kalium (K), magnesium fosfat ( $MgPO_4$ ), kalsium fosfat ( $Ca_2PO_4$ ), dan unsur-unsur. Mineral tersebut terdifusi ke dalam spesimen carburizing sehingga menyebabkan spesimen meningkat nilai kekerasan.



## Pack Carb. Media Arang Kayu Kopi

Gambar 7 Struktur Mikro Spesimen pada Bagian Kulit (Permukaan) Pembesaran 100 X



## Pack Carb. Media Arang Kayu Kopi

Gambar 8. Struktur Mikro Spesimen pada Bagian Inti Pembesaran 100 X

Pada bagian kulit (permukaan) spesimen bisa dilihat bahwa pada spesimen yang dilakukan proses carburizing, didominasi oleh martensite (daerah yang berwarna gelap) yang menandakan bahwa spesimen yang memiliki martensite lebih banyak, dapat dipastikan

# Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

*Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009*

memiliki nilai kekerasan yang lebih tinggi. Dibuktikan bahwa pada gambar 7 jumlah martensite pada spesimen pack carburizing dengan media arang tulang sapi lebih banyak dibandingkan arang tempurung kelapa dan arang kayu kopi. Sedangkan pada spesimen tanpa perlakuan hanya didominasi oleh pearlite (gelap) dan ferrite (putih), dapat dipastikan nilai kekerasannya rendah.

Semakin bertambahnya jarak pengujian dari kulit spesimen, nilai kekerasan pun semakin rendah, baik pada spesimen dengan media carburizing arang tempurung kelapa, arang kayu kopi dan arang tulang sapi. Adapun struktur mikro daerah inti spesimen seperti ditunjukkan pada gambar 8 dan semua spesimen baik yang dilakukan pack carburizing atau tidak, pada bagian intinya memiliki struktur yang sama yaitu didominasi oleh pearlite dan ferrite.

## **Kesimpulan**

Proses pack carburizing memberikan pengaruh terhadap kekerasan baja KRUPP 1191 disebabkan difusi dari masing-masing media carburizing. Media carburizing arang tulang sapi memberikan nilai kekerasan yang lebih tinggi dari arang tempurung kelapa dan arang kayu kopi dibandingkan dengan spesimen tanpa perlakuan terutama pada bagian kulit yaitu berturut-turut sebesar : 42,67%, 35,60 % dan 34,53%. Proses pack carburizing meningkatkan kekerasan pada bagian permukaan hingga kedalaman 2-3 mm. Sedangkan pada inti spesimen tidak mengalami perubahan kekerasan.

Struktur mikro spesimen dengan proses pack carburizing mengalami perubahan struktur yang didominasi oleh struktur martensite. Sedangkan pada bagian inti didominasi oleh struktur mikronya terdiri dari pearlite dan ferrite.

## **Daftar Pustaka**

1. Anonimus. (2007). Diffusion Treatment Hardening. URL : <http://www.eFunda General Information on Carbon Steels.htm>.
2. Anonimus. (2007). General Properties of Steels. URL : <http://www.eFunda General Information on Carbon Steels.htm>.
3. Anonimus. Coating and Thin Film Processing Technologies Surface Engineering. URL: <http://www.ecm.auckland.ac.nz/course/cm423/423%20Teaching%20Chapter2c%20Processing.pdf>.
4. Bethony, F.R. (2007). Efek Proses Pack Carburizing Media Arang Tempurung Kelapa-Barium Karbonat Terhadap Fatigue Failure Baja Karbon AISI 1020. Seminar Nasional Metalurgi dan Material (SENAMM) no G1-03. Universitas Indonesia. Depok.
5. Budinski, G.K. (1992). Engineering Materials Properties Selection "Fourth Edition". Prentice Hall. New Jersey.
6. Das, A.K. (1996). Metallurgy of Failure Analysis. McGraw Hill. United States.
7. Dieter, G.E. (2000). Engineering Design "Third Edition". Univ. of Maryland. McGraw Hill international.
8. Henkel, D. (2001). Structure and Properties of Engineering Materials. McGraw Hill. Singapore.

## Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

---

*Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009*

9. Iqbal, M. (2007). Pengaruh Proses Pack Carburizing Media Arang Tempurung Kelapa-Barium Karbonat Terhadap Kekerasan dan Keausan Baja Karbon AISI 1020. Seminar Nasional Metalurgi dan Material (SENAMM) no G1-04. Universitas Indonesia. Depok.
10. Krar, S.F. (1998). Technology of machine tools. Mc Graw Hill International. Singapore.
11. Surdia, T. (1985). Pengetahuan Bahan Teknik. Pradnya Paramita. Jakarta.
12. The University of Wisconsin engineer (Volume 64, Number 6). Carburizing of Steel. URL : <http://digicoll.library.wisc.edu/UW/>