

## PERILAKU MEKANIS BAJA KARBON AKIBAT PACK CARBURIZING DENGAN MEDIA ARANG TULANG KERBAU

Yafet Bontong<sup>(1)</sup>, Nitha<sup>(2)</sup>, Mius Barto Belopadang<sup>(3)</sup>

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Indonesia Toraja  
Jln Nusantara No. 12 Makale, Kabupaten Tana Toraja, Sulawesi Selatan, Indonesia<sup>(1)(2)(3)</sup>

[Yafet.bontong@yahoo.co.id](mailto:Yafet.bontong@yahoo.co.id)<sup>(1)</sup> [nithamaska@yahoo.com](mailto:nithamaska@yahoo.com)<sup>(2)</sup>

### ABSTRAK

Arang Tulang Kerbau merupakan salah satu energizer yang dapat digunakan pada proses carburizing khususnya pada karburasi padat. Mengingat ketersediaan tulang kerbau terlebih di daerah Toraja dari rumah potong hewan dan dari pesta pemakaman masyarakat Toraja. Hal ini sangat menunjang pemanfaatan tulang kerbau dalam penelitian pack carburizing ini.

Arang tulang kerbau yang digunakan dengan ukuran arang mesh 20 dan 30 dengan persentase volume arang dan Barium Carbonat 60% ATK+40% BaCO<sub>3</sub>, 70% ATK+30% BaCO<sub>3</sub>, 80% ATK+20% BaCO<sub>3</sub> yang dipanaskan dalam tungku pada suhu 850<sup>0</sup>C dan 950<sup>0</sup>C digunakan untuk sumber karbon pada baja karbon rendah untuk mengetahui pengaruhnya proses karburasi padat terhadap kekerasan baja karbon rendah tersebut.

Penelitian kekerasan untuk bahan normal atau tanpa perlakuan untuk baja karbon rendah 92,7 Kg/mm<sup>2</sup> dan setelah mengalami proses karburasi padat diperoleh kekerasan tertinggi pada baja karbon rendah pada mesh 20 dan temperatur pemanasan 850<sup>0</sup>C dengan persentase arang tulang kerbau 80% ATK+20% BaCO<sub>3</sub> yakni 318,749 kg/mm<sup>2</sup>. Dari hasil penelitian diperoleh bahwa proses karburasi padat dengan media arang tulang kerbau meningkatkan nilai kekerasan baja karbon rendah.

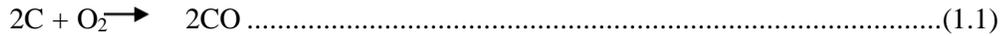
*Kata Kunci : Arang Tulang Kerbau, Baja Karbon Rendah, Kekerasan, Karburasi Padat.*

## PENDAHULUAN

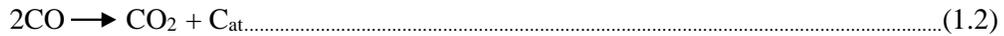
*Proses karburasi padat (pack carburizing)* merupakan proses perlakuan panas dimana proses pemanasan dan pendinginan logam dalam keadaan padat untuk mengubah sifat-sifat fisis dan mekanis logam tersebut. Melalui perlakuan panas yang tepat, tegangan dalam dapat dikurangi, besar butir dapat diperbesar atau diperkecil, ketangguhan ditingkatkan atau dihasilkan suatu permukaan yang keras di sekeliling inti yang ulet. Laju pendinginan merupakan faktor pengendali, dimana pendinginan yang lebih cepat dari pada pendinginan kritis akan menghasilkan struktur yang keras sedangkan pendinginan yang lambat akan menghasilkan struktur yang lebih lunak. Untuk memungkinkan perlakuan panas yang tepat, maka komposisi kimia baja harus diketahui karena perubahan komposisi kimia, khususnya unsur karbon dapat mengakibatkan perubahan sifat-sifat fisis dan sifat mekanis. Secara umum selain unsur karbon baja mengandung nikel (Ni), khromium (Cr), mangan (Mn), molybdenum (Mo), tungsten/wolfram (W), silikon (Si), vanadium (V), tembaga (Cu), belerang (S), seng (Sn) dan fosfor (P) dengan kadar yang berbeda.

Pada proses pengarboanan padat dalam kotak, menggunakan arang yang dicampur dengan larutan tertentu seperti  $\text{NaCO}_3$ ,  $\text{CaCO}_3$  atau  $\text{BaCO}_3$  yang berfungsi sebagai bahan *activator* dan sekaligus sebagai unsur energizer, kemudian kedalam campuran tersebut dimasukkan baja berupa spesimen yang akan di keraskan. Kotak kemudian ditutup rapat untuk menghindari udara dari luar dan kemudian dipanaskan  $750^\circ\text{C}$ - $950^\circ\text{C}$ , dengan demikian maka permukaan baja akan mempunyai kadar karbon yang lebih tinggi. Karena struktur baja menjadi kasar yang disebabkan pemanasan yang lama, maka setelah pengerasan pertama pada  $750$ - $950^\circ\text{C}$ , kemudian dihaluskan dengan jalan pengerasan kedua atau di-*quenching* pada  $800^\circ\text{C}$  (gambar 1), dan di-*tempering* pada  $150$ - $200^\circ\text{C}$  (gambar 2) sebelum dipergunakan.

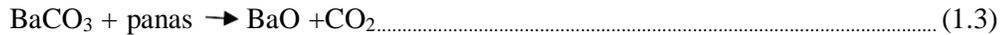
Reaksi pengarbonan dapat dijelaskan sebagai berikut :



Kemudian CO berdisosiasi menjadi  $C_{at}$  :



Gas yang dihasilkan oleh *energizer* dapat terjadi dengan persamaan reaksi :

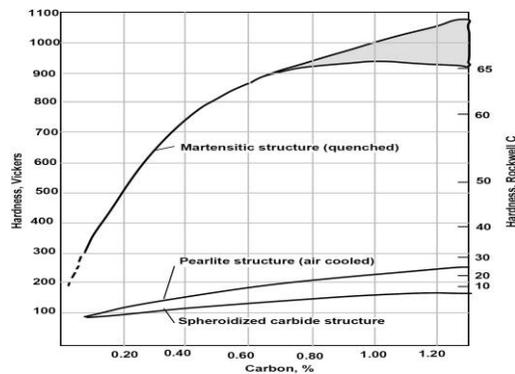


kemudian gas karbon dioksida ( $CO_2$ ) bereaksi dengan *carburizer* padat

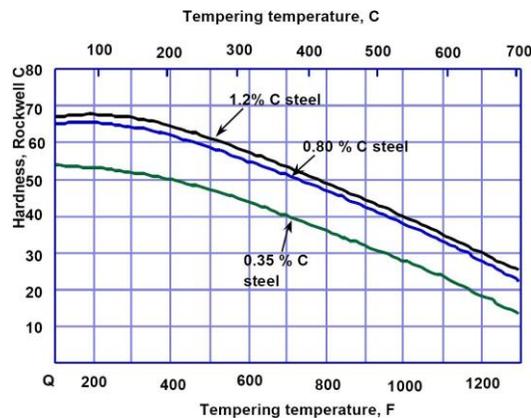
membentuk gas karbon monoksida (CO) dengan persamaan reaksi :



dimana C larut ke dalam baja (Surdia, T. dan Shinroku, 1992)



Gambar 1. Kekerasan Akibat Proses *Quenching*  
 (Meyrick, G. and Wagoner, R. H., 2001)



Gambar 2. Temperatur *Tempering* Vs Kekerasan  
 (Meyrick, G. and Wagoner, R. H., 2001)

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. Perlakuan panas pada baja juga didasarkan pada prinsip metalurgi fisik yang berkaitan dengan proses, sifat-sifat dan struktur mikro. Pada proses perlakuan panas, keseluruhan proses menggunakan panas untuk mengubah struktur baja. Untuk mengubah sifat-sifat permukaan baja dapat dilakukan dengan mengubah struktur dan bentuk permukaan dengan perlakuan termomekanis atau *thermomechanical treatment*.

*Chemical heat treatment* pada baja merupakan proses pemanasan baja dengan menambahkan zat-zat tertentu saat pemanasan, kemudian didinginkan. *Chemical heat treatment* ini dapat berupa (1) *carburizing*, (2) *nitriding*, (3) *cyaniding* atau *carbonitriding*, dan (4) *diffusion coating*. *Carburizing* adalah proses pelapisan permukaan baja dengan karbon melalui pemanasan baja pada suhu 750–950°C. Karbon yang digunakan dapat berbentuk serbuk padat, cair atau gas. Tebal lapisan karbon yang terbentuk pada permukaan tergantung pada lama pemanasan yang dilakukan, yaitu bervariasi dari 0,5–2 mm dengan laju pelapisan 0,1 mm/jam. Proses *carburizing* ini akan menaikkan kadar karbon pada lapisan permukaan baja sekitar 0,75 – 1,20%. Proses *carburizing* tidak dapat dilakukan pada sembarang baja, tergantung pada kadar karbon yang terdapat di dalam baja tersebut dan umumnya proses *carburizing* dilakukan pada baja karbon rendah (>0,35%C). “Proses *carburizing* ini sering dilakukan untuk mengeraskan permukaan roda gigi dan bubungan atau *cam* (Malau, V., 1999)”. Untuk mempercepat penetrasi karbon masuk kedalam benda uji pada saat proses pengarbonan, maka perlu menambahkan unsur lain seperti BaCO<sub>3</sub>, NaCO<sub>3</sub> dan lain-lain. “Penelitian tentang efek proses *pack carburizing* terhadap kelelahan baja ST60 menggunakan arang kayu dan barium karbonat (BaCO<sub>3</sub>) ditambah natrium karbonat (NaCO<sub>3</sub>), temperatur 850°C dan 950°C ditahan selama 5 jam.

Hasilnya menunjukkan bahwa kekerasan pada permukaan meningkat dari 220, 856 HVN menjadi 417,139 HVN dan umur leleh juga meningkat dari 2.017.451 menjadi 4.154.577 siklus (Yasa, I.N., 2000)”. “Penelitian tentang

hubungan antara *case depth* karbon akibat proses *carburizing* terhadap kekuatan *fatigue* baja SAE 8620. Proses *carburizing* dilakukan dengan temperatur 940°C ditahan selama 45 menit, 3 dan 5 jam dilanjutkan dengan proses *quenching* pada temperatur 850°C ditahan 15, 30 dan 60 menit. Hasilnya menunjukkan bahwa semakin lama waktu penahanan maka *case depth* dan kekuatan *fatigue* baja karbon SAE 8620 semakin tinggi (Asi, O., et al, 2007)".

Penelitian mengenai pengaruh waktu tahan karburasi padat terhadap kekerasan permukaan baja AISI – SAE 1522 dengan arang tempurung kelapa dan  $\text{NaCO}_3$  sebesar 20% sebagai bahan pengaktif. Hasilnya adalah 570 HV (2 jam), 753 HV (3 jam) dan 773 HV (4 jam) (Sudarsono, 2003)". "Penelitian tentang pengaruh komposisi media karburasi serbuk arang kayu barium karbonat terhadap kekerasan dan keausan baja karbon rendah. Barium karbonat ( $\text{BaCO}_3$ ) divariasikan 15%, 20%, 25% dan 30% dengan temperatur perlakuan 850°C, 900°C dan 950°C dan ditahan selama 2 jam. Hasil yang diperoleh adalah kekerasan permukaan tertinggi, yaitu 667% .

Proses karburasi pada pahat bubut baja ST37 dengan suhu 950°C media arang batok ditahan 2 jam dilanjutkan dengan proses *quenching*. Hasilnya menyimpulkan bahwa baja ST37 yang dikenai proses karburasi dapat digunakan untuk memotong baja atau material lainnya yang lebih lunak (Rumendi, U. dan Purnawarman, O., 2006)". "Penelitian tentang pengaruh proses *carburizing* terhadap perilaku *fatigue* bertakik baja tahan karat austenit AISI 316. Hasilnya menunjukkan bahwa ketahanan *fatigue* sampel yang dikarburasi meningkat dibandingkan dengan sampel tanpa perlakuan (Akita, M. and Tokaji, K., 2006)".

Kekerasan (*hardness*) adalah kemampuan bahan untuk tahan terhadap penggoresan, pengikisan, keausan, indentasi, penetrasi dan mampu menahan beban sampai pada terjadinya deformasi plastis. Pengujian kekerasan bertujuan untuk mengevaluasi perlakuan panas, dan mendeteksi pengerasan atau pelunakan akibat *overheating*, dekarburisasi ataupun pengerasan permukaan.

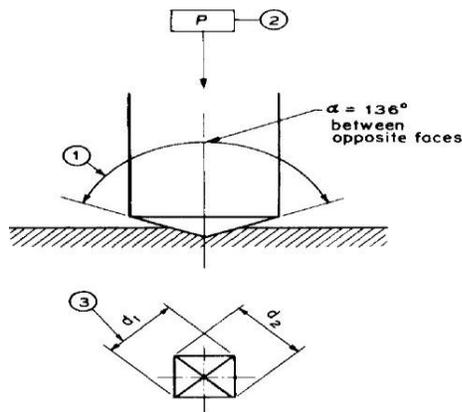
Metode pengukuran kekerasan, yaitu dilakukan dengan cara material diindentasi menggunakan indenter pada permukaan benda uji dengan beban tertentu kemudian bekas penekanan yang terbentuk diukur. "Indenter biasanya

terbuat dari baja yang dikeraskan, tungsten karbida dan intan yang berbentuk piramid beralas bujur sangkar dengan sudut puncak antara dua sisi yang berhadapan 136°, dihitung dengan persamaan :

$$HV = \frac{2 \cdot P \cdot \sin(\alpha / 2)}{d^2} \dots\dots\dots (1.5)$$

$$d = \frac{d_1 + d_2}{2} \dots\dots\dots (1.6)$$

$$HV = \frac{1,854P}{d^2} \left( \frac{kgf}{mm^2} \right) \dots\dots\dots (1.7)$$



Gambar 3. Metode Pengujian Kekerasan Mikro Vickers (ASTM E-92)

Tabel 1. Variabel Pengujian Kekerasan Vickers

Number	Symbol	Designation
1	...	Angle at the vertex of the pyramidal indenter (136°)
2	P	Test force in kilograms-force
3	d	Arithmetic mean of the two diagonals $d^1$ and $d^2$

## FASILITAS DAN METODE PENELITIAN

Pada Penelitian ini menggunakan dapur pemanas (*furnance*) sebagai tempat pemanasan dengan kotak baja karburasi yang terbuat dari plat baja 5 mm dengan daya tahan terhadap temperatur sampai 1500<sup>0</sup>C, alat uji kekerasan mikro metode Vickers (*micro hardness*), gagang bor listrik untuk pegangan sampel saat diampelas, gergaji untuk memotong material, dan timbangan pegas.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah baja karbon rendah yang sesuai dengan standar ASTM E-466.

Dengan persentase media karburasi bervariasi arang tulang kerbau dan Barium Carbonat ( $\text{BaCO}_3$ ), yaitu 60% ATK + 40%  $\text{BaCO}_3$ , 70% ATK + 30%  $\text{BaCO}_3$ , 80% ATK + 20%  $\text{BaCO}_3$  di mana pengambilan tulang kerbau pada pesta adat dan dirumah potong hewan di Toraja. Pembersihan tulang kerbau dan diikuti dengan pengeringan, pemotongan tulang kerbau untuk pembuatan arang, penghalusan arang tulang kerbau mesh 20 dan 30 sebagai sumber energi *pack carburizing*.

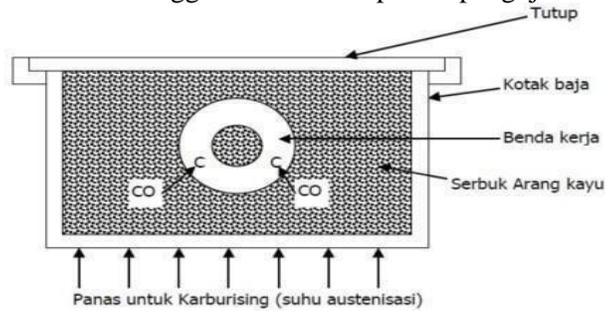
Pengadaan baja karbon rendah dilakukan dengan terlebih dahulu melakukan pengukuran dan pembersihan baja karbon dengan mencuci dengan aseton. Pembuatan spesimen baja karbon rendah untuk uji kekerasan sebelum mengalami perlakuan, pembuatan spesimen untuk pengujian eksperimen uji kekerasan setelah mengalami perlakuan dengan *pack carburizing*.

Material benda uji baja karbon rendah setelah diambil data kekerasan normal, benda uji dililitkan dengan kawat baja sebagai tempat pengait untuk mempermudah proses pengangkatan benda uji dalam keadaan panas.

Benda uji baja karbon rendah di letakkan ke dalam kotak sementasi, ditimbun dengan arang tulang kerbau dan barium karbonat ( $\text{BaCO}_3$ ) hingga menutupi permukaan seluruhnya.

Masukkan kotak sementasi ke dalam *furnace* kemudian di tutup. Nyalakan *furnace*, lalu lihat temperatur awal 27-30<sup>0</sup>C. Tunggu sampai temperatur akhir pemanasan 850<sup>0</sup>C dan temperatur 950<sup>0</sup>C, dengan waktu penahanan 120 menit. Kemudian matikan *furnace* lalu buka *furnace*, keluarkan kotak sementasi dari dalam dengan menggunakan tang penjepit.

Angkat benda uji baja karbon rendah dari dalam kotak sementasi dengan menggunakan gancu dan masukkan ke dalam media pendingin berupa air aquades, biarkan hingga dingin. Setelah itu angkat benda uji baja karbon rendah dan sedang dari dalam media pendingin tersebut. Bersihkan dari sisa-sisa proses karburisasi, lalu ampas salah satu sisi hingga bersih untuk proses pengujian kekerasan.



Gambar 4. Mesin Proses Carburizing

Penelitian ini dilakukan pada Laboratorium Metalurgi Fisik dan Teknologi Mekanik. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin Makassar pada bulan Juli 2017.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

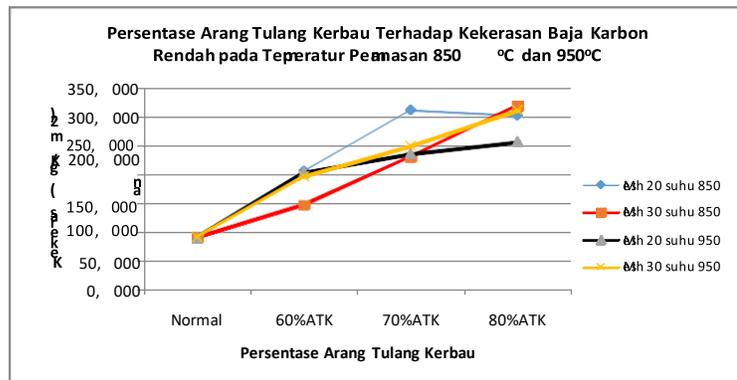
Dari hasil penelitian diperoleh bahwa kekerasan baja karbon rendah yang diperlakukan dengan proses pack carburizing pada suhu hingga 850°C dan suhu 950°C dengan variasi komposisi media karburisasi arang tulang kerbau dan BaCO<sub>3</sub> dapat dilihat pada tabel 2 berikut :

Tabel 2 : Kekerasan baja karbon rendah pada temperatur pemanasan 850<sup>0</sup>C dan 950<sup>0</sup>C dengan besar butir mesh 20 dan mesh 30

**Baja Karbon rendah (Norma: 922,700 Kg/mm<sup>2</sup>)**

Temperatur Pemanasan	Besar butir	Volume arang	HV (Kg/mm <sup>2</sup> )
850	20	60% ATK+40% BaCO <sub>3</sub>	206,0655
		70% ATK+30% BaCO <sub>3</sub>	311,1664
		80% ATK+20% BaCO <sub>3</sub>	301,8866
	30	60% ATK+40% BaCO <sub>3</sub>	148,992
		70% ATK+30% BaCO <sub>3</sub>	230,958
		80% ATK+20% BaCO <sub>3</sub>	318,749
950	20	60% ATK+40% BaCO <sub>3</sub>	203,122
		70% ATK+30% BaCO <sub>3</sub>	236,083
		80% ATK+20% BaCO <sub>3</sub>	256,289
	30	60% ATK+40% BaCO <sub>3</sub>	196,9933
		70% ATK+30% BaCO <sub>3</sub>	249,231
		80% ATK+20% BaCO <sub>3</sub>	311,164

Berdasarkan tabel diatas dapat digambarkan dalam bentuk grafik pada gambar 5 berikut :



Gambar 5 : Grafik persentase arang tulang kerbau terhadap kekerasan baja karbon rendah pada temperatur pemanasan 850<sup>0</sup>C dan 950<sup>0</sup>C

Berdasarkan tabel dan grafik diatas diperoleh bahwa semakin tinggi persentase arang tulang kerbau yang diberikan pada material baja karbon rendah maka kekerasannya semakin meningkat dari kekerasan bahan normal 92.700 kg/mm<sup>2</sup>, kemudian terjadi peningkatan nilai kekerasan, Nilai kekerasan tertinggi pada mesh 20 dengan temperatur pemanasan 850<sup>0</sup>C dengan persentase arang 80% ATK+20% BaCO<sub>3</sub> yakni sebesar 318,749 kg/mm<sup>2</sup>.

Dari hasil di atas diperoleh bahwa pack carburizing berpengaruh terhadap kekerasan baja karbon rendah dimana terjadi peningkatan nilai kekerasan dan kekerasan tertinggi pada temperatur 850<sup>0</sup>C pada volume arang tulang kerbau dengan persentase 80% ATK+20% BaCO<sub>3</sub>

### KESIMPULAN

Persentase arang tulang kerbau pada proses carburizing berpengaruh pada kekerasan baja karbon rendah dimana semakin besar persentase yang diberikan maka kekerasannya semakin meningkat dan sebaliknya.

### DAFTAR PUSTAKA

- ASTM. 2000. *Standard Test Method for Vickers Hardness of Metallic Materials*. West Conshohocken, United States : PA 19428-2959.
- Chih Fu Yang, et al. 1994. *Effects and hydrogenation on the impact toughness of AISI 4118 steel*. *Surface and Coatings Technology*. Departemen of Materials Engeneering, Tatung institute of technology ,Taipe,Taiwan, *Surface and coatings technology* 73(1995) 18 - 22
- DFatai Olufemi at al. 2010, *Pack carburized of Mild Steel, using Pulverized Bone as Carburizer Optimizing Proccess Parameters, Univrsity of teknologi PMB 704,Akure, ondo state Negeria ,Journal of Practices and Tecnologies* 1583 – 1078 P 1-12.
- G.V.shcherbedinskii et al. 1977. *Effect of diffusional redistribution of chromium on the wear resistance of carburized steel 3kh13 . L.P Bardin central scientific- research institute of ferrous Metalurg*,No. 1,pp. 62 -64.
- Genel, K. and Demirkol, M. 1999. *Effect of Case Depth on Fatigue Performance of AISI 8620 Carburized Steel*. *Gu`mu`ssuyu 80191, Istanbul, Turkey : International Journal of Fatigue* 21 (1999) 207-212.
- Jimenez, H., Staia, M.H. and Puchi, E.S. 1999. *Mathematical Modeling of a Carburizing Process of a SAE 8620H Steel*. *Los Chaguaramos, Caracas 1045, Venezuela : Surface and Caotings Technology* 120-121 (1999) 358-365.
- M.Preciado,et al. 2006, *Effect of low tempering prior cryogenic treadment on carburized steels*. *Department of Civil Engineering, University of Burgos, Av. Cantabria s/n, 09006 Burgos, Spain. Journal of materials processing technologi*. 176 (2006) 41– 44.
- O.B. Olurin et al. 2001. *Fatigue Crack propagation in aluminium alloy foams*, *University of Cambridge, Department of Engineering, Trumpington Street, Cambridge CB2 1PZ, UK. Internasional Journal of fatigue*. 23 (2001) 375–382
- Paul Aondona Ihom., 2013., *Case Hardening of Mild Steel Using Cowbone as Energizer ., African journal of Engineering research. African Journal of Engineering Research* ,Vol. 1(4), pp. 97-101, October 2013.