

# Pack Carburizing Baja Karbon Rendah

Dewa Ngakan Ketut Putra Negara<sup>1)\*</sup>, I Dewa Made Kirshna Muku<sup>2)</sup>

<sup>1,2,)</sup>Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Udayana  
Kampus Bukit Jimbaran 80362 Bali  
Email: [devputranegara@gmail.com](mailto:devputranegara@gmail.com)

## Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat mekanis khususnya kekerasan dan kekuatan tarik baja karbon rendah setelah dikarburasi menggunakan media karburasi (carburizer) campuran 80% arang bambu dan 20% BaCO<sub>3</sub> sebagai energizer. Penelitian dilakukan dengan memasukkan specimen uji ke dalam kotak pack carburizing yang telah berisi media karburasi, kemudian kotak pack carburizing dimasukkan ke dalam dapur pemanas dan dipanaskan sampai suhu 950<sup>0</sup>C. Pada suhu tersebut specimen ditahan selama 4 jam kemudian kotak baja dikeluarkan dari dapur pemanas. Specimen dikeluarkan dari kotak baja dan didinginkan di udara. Selanjutnya dilakukan pengujian kekerasan menggunakan *Vickers Testing Machine*. Sedangkan uji tarik dilakukan dengan menggunakan *Universal Testing Machine*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa setelah dikarburizing baja karbon rendah mengalami perubahan sifat mekanis. Kekerasan raw material sebesar 183,60 HV1 meningkat 100,68 % menjadi 368,46 HV1 setelah dikarburizing. Demikian juga kekuatan luluh dan kekuatan tarik yang semula 31,99 kg/mm<sup>2</sup> dan 42,08 HV1 kg/mm<sup>2</sup> meningkat secara berturut turut menjadi 48,94 kg/mm<sup>2</sup> dan 55,05 kg/mm<sup>2</sup>. Namun di sisi lain, terjadi penurunan elongasi yang semula 30,07 % menurun menjadi 7,6%.

**Kata kunci:** Pack carburizing, kekerasan, kekuatan tarik, media karburasi

## Abstract

This research is focused on the mechanical properties, especially on the hardness and tensile strength of low carbon steel after pack carburizing process by use of carburizer consisting of 80% bamboo coal and 20% BaCO<sub>3</sub> as energizer. The research was carried out by packing of low carbon steel specimens in a steel box filled of carburizer. The steel box was then loaded into electric furnace, heated up to 950<sup>0</sup>C, and soaked at the temperature during 4 hours. After that soaking time, the steel box was drooped out from electric furnace and specimens were taken from steel box and colded in the air. Furthermore, it was undertaken hardness and tensile test by use of Vickers Hardness Tester and Universal Testing machine respectively. The result of research showed that there were mechanical properties changes of low carbon steel after carburizing process. Hardness of raw material (183.60 HV1) increased about 100.68% to 368.46 HV1 after carburizing. Furthermore, yield strength of 31.99 kg/mm<sup>2</sup> and tensile strength of 42.08 kg/mm<sup>2</sup> also increased to 48.94 kg/mm<sup>2</sup> and 55.05 kg/mm<sup>2</sup> respectively. However, there was a decrease in elongation from 30.07% to 7.6%.

**Keywords:** Pack carburizing, hardness, tensile strength, carburizer

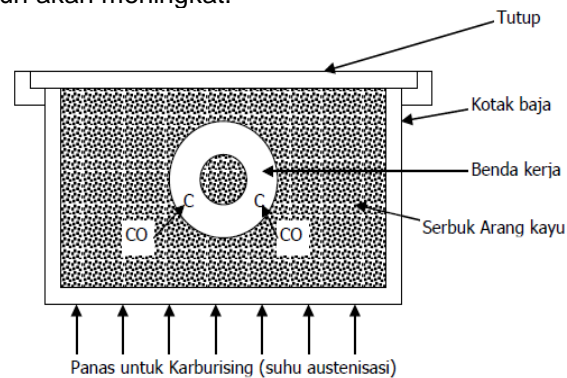
## 1. PENDAHULUAN

Baja merupakan material yang banyak digunakan di dalam industri otomotif. Komponen-komponen otomotif seperti gear (roda gigi), cham shaft, valve rocker shaft, dan axles biasanya dibuat dari baja [1]. Roda gigi merupakan salah satu komponen yang memegang peranan yang sangat penting dalam otomotif karena digunakan sebagai sitem transmisi yang berfungsi untuk memindahkan daya dari sumber penggerak ke roda dengan tingkat kecepatan yang diinginkan [2]. Dalam aplikasinya roda gigi membutuhkan suatu sifat yang keras pada permukaannya sedangkan bagian inti tetap ulet. Pada permukaan roda gigi bergesekan dengan roda gigi pasangannya, untuk itu diperlukan sifat keras agar tahan aus. Sedangkan pada bagian inti tetap ulet untuk menghindari terjadinya keretakan atau patah pada gigi dari roda gigi. Selain sifat tersebut sifat mekanis lain yang dibutuhkan oleh roda gigi adalah memiliki kekuatan impact, kekuatan tarik dan ketahanan fatigue yang baik sehingga elemen tersebut mampu menahan tegangan tarik, tekan, impact, abrasive, torsi, bending dan tegangan geser sehingga dapat digunakan secara memuaskan [3] dan memberikan life time yang lebih lama. Kegagalan yang sering dijumpai pada roda gigi karena persyaratan sifat-sifat ini kurang terpenuhi diantaranya adalah keausan, deformasi, patah dan pecah [4].

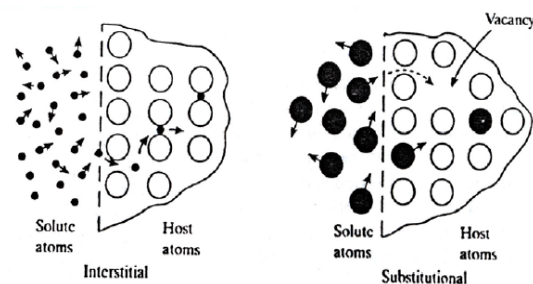
---

\* Penulis korespondensi, tlp: 08123682549  
Email: [devputranegara@gmail.com](mailto:devputranegara@gmail.com)

Material dasar (raw materials) yang umumnya digunakan dalam pembuatan roda gigi adalah baja karbon sedang atau baja karbon tinggi. Jenis baja ini mempunyai kemampuan untuk dikeraskan secara langsung karena kandungan karbonnya yang tinggi, namun baja ini memiliki kelemahan yaitu harganya lebih mahal dan lebih sulit dimachining dibandingkan baja karbon rendah. Baja karbon rendah memiliki kelebihan lebih mudah dimachining tetapi tidak bisa dikeraskan secara langsung karena kandungan karbonnya yang kurang dari 0,3%. Untuk dapat dikeraskan ke dalam baja karbon rendah harus ditambahkan unsur karbon terlebih dahulu. Pack carburizing merupakan salah satu metode yang sering dilakukan untuk keperluan tersebut yaitu penambahan unsur karbon secara difusi sehingga karbon dari media karburasi akan masuk ke permukaan baja dan meningkatkan kadar karbon pada permukaan baja tersebut. Dengan meningkatnya kadar karbon pada permukaan maka kekerasan permukaan baja pun akan meningkat.



Gambar 1 Proses pack carburizing [6]



Gambar 2 Pemodelan terjadinya proses difusi [6]

Pada penelitian ini diteliti sifat mekanis baja karbon rendah khususnya kekerasan dan kekuatan tarik setelah dipack carburizing dengan menggunakan media karburasi (carburizer) campuran 80% arang bamboo dan 20%  $BaCO_3$  sebagai energizer. Pack carburizing merupakan proses penambahan unsur karbon ke dalam baja yang dilakukan dengan menggunakan media karbon aktif dalam bentuk padat. Skematik proses pack carburizing ditunjukkan pada gambar 1. Pada proses pack carburizing spesimen ditempatkan ke dalam wadah yang berisi media karburasi, kemudian dipanaskan pada suhu austenite. Proses ini didasarkan pada prinsip termokimia dengan sistem difusi, yaitu suatu cara untuk mengubah sifat-sifat permukaan substrat dengan menambahkan bahan tambahan dari luar dan bahan tambahan tersebut akan terdifusi ke permukaan substrat yang dilakukan pada temperatur tinggi ( $850^{\circ}C-950^{\circ}C$ ) [5]. Untuk memperoleh hasil yang baik maka arang media karburasi ditambahkan dengan zat pengaktif karbon (*energizer*) antara lain berupa barium carbonate ( $BaCO_3$ ), calcium carbonate ( $CaCO_3$ ) dan natrium carbonate ( $Na_2CO_3$ ) dengan penambahan mencapai 10-40% berat media karburasi [6]. Proses carburizing terdiri dari dua tahap utama [7]. Tahap pertama, di awal proses terjadi penyerapan karbon secara cepat pada permukaan baja karena adanya perbedaan kandungan karbon yang besar antara permukaan baja dan potensi karbon pada lingkungan media karburasi. Pada tahap kedua, karbon pada permukaan berdifusi ke dalam selubung/case. Di awal, difusi berlangsung lambat karena kecilnya gradien karbon antara permukaan dan inti. Konsentrasi gradien karbon meningkat seiring semakin banyaknya karbon bebas diserap oleh permukaan. Selanjutnya, kedalaman karburasi tergantung pada laju difusi karbon dari permukaan ke inti [8]. Model difusi pada bahan padat diperlihatkan pada gambar 2. Pada saat suhu wadah (kotak baja) mencapai suhu austenisasi akan terjadi proses reaksi sebagai berikut ; barium carbonate ( $BaCO_3$ ) terurai akibat

energi panas dan karbon dioksida hasil penguraian tersebut bereaksi dengan karbon dalam arang membentuk carbon monoxide (CO). Begitu pula yang terjadi pada  $\text{CaCO}_3$  yang berubah menjadi gas CO. Carbon monoxide akan bereaksi dengan Fe. 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 [6].



## 2. METODE

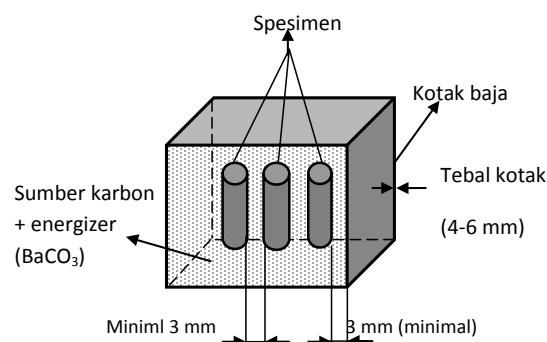
Bahan untuk spesimen uji adalah baja karbon rendah dengan komposisi kimia ditunjukkan pada table 1. Spesimen uji kekerasan ditunjukkan seperti gambar 3(a) dan specimen uji tarik ditunjukkan pada gambar 3(b). Sebagai media karburasi digunakan campuran 80% arang bamboo dan 20%  $\text{BaCO}_3$ .

Tabel 1 Komposisi kimia baja karbon rendah [%W]

C	P	Ca	Sc	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Br	Rb	La	Re
0.17	0.26	0.3	0.11	0.23	0.63	95.96	1.2	0.3	0.03	0.47	0.5	0.08	0.2



Gambar 3 (a) Spesimen uji kekerasan (b) specimen uji tarik



Gambar 4 Penyusunan spesimen di dalam kotak pack carburizing

Spesimen uji dimasukkan kedalam kotak baja dan diisi media karburasi dengan susunan seperti ditunjukkan pada gambar 4. Kotak baja ditutup rapat kemudian dimasukkan ke dalam dapur pemanas (electric furnace), dipanaskan sampai temperatur  $950^{\circ}\text{C}$  dan ditahan pada suhu tersebut selama 4 jam. Setelah 4 jam, kotak baja dikeluarkan dari dapur pemanas (furnance), kemudian spesimen dikeluarkan dari kotak baja dan didinginkan di udara. Untuk spesimen uji kekerasan, spesimen dipotong, dipolishing dan dietsa kemudian dilakukan pengukuran kekerasan. Sedangkan untuk pengujian tarik, setelah specimen mencapai suhu kamar selanjutnya dilakukan uji tarik. Uji

kekerasan yang digunakan adalah uji Vickers, menggunakan Zwick Hardness Testing Machine tipe 3212 B buatan Zwick Gmbh & Co, Jerman. Mesin pengujian kekerasan ini didasarkan pada standard DIN 51225 (Jerman) dan ISO/R 146 dengan beban pengujian 10 kg. Sedangkan uji tarik dilakukan menggunakan Universal Testing Machine, Hung Ta, Type HT-9501, Serial number 1562, Capacity 500 kN, Resolution 0,025 kN

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil uji kekerasan dan uji tarik raw material ditampilkan pada table 2, sedangkan kekerasan dan hasil uji tarik specimen setelah di pack carburizing ditunjukkan pada table 3 dan plot datanya disajikan pada gambar 5 sampai gambar 8.

Tabel 2 Kekerasan dan hasil uji tarik specimen raw material

Spesimen	Kekerasan [HV1]	Spesimen	$\sigma_y$ [kg/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_u$ [kg/mm <sup>2</sup> ]	Elongation [%]
1	185,95	1	30,81	41,75	29,36
2	177,33	2	32,54	42,66	30,62
3	187,54	3	32,63	41,83	30,24
Rata-Rata	183,60	Rata-Rata	31,99	42,08	30,07

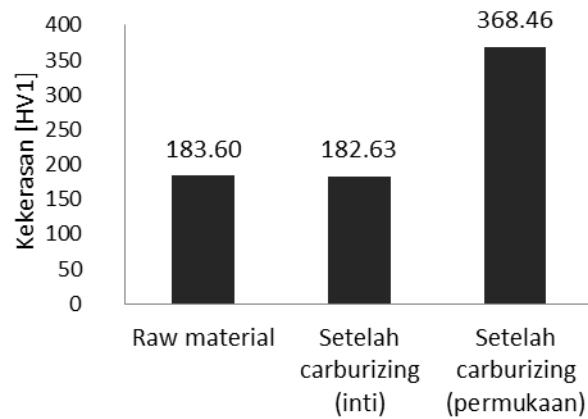
Tabel 3 Kekerasan dan hasil uji tarik specimen setelah pack carburizing

Spesimen	Kekerasan		Spesimen	Tegangan		Regangan [%]
	Permukaan [HV1]	Inti [HV1]		$\sigma_y$ [kg/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{max}$ [kg/mm <sup>2</sup> ]	
1	345,57	188,92	1	47,29	56,96	7,74
2	378,47	178,33	2	49,23	50,98	8,08
3	381,34	180,64	3	50,29	57,22	6,98
Rata-Rata	368,46	182,63	Rata-Rata	48,94	55,05	7,6

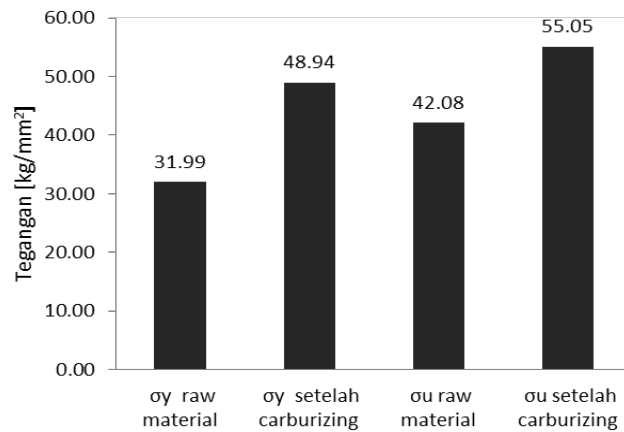
Kekeraan raw material adalah sebesar 183,60 HV1 dan mengalami peningkatan sebesar 100,68 % menjadi 368,46 HV1 setelah diproses pack carburizing. Peningkatan ini terjadi karena adanya penambahan unsur karbon pada permukaan baja. Hal ini dapat dilihat pada profil specimen uji kekerasan pada gambar 3(a) dan profil patahan uji tarik pada gambar 5. Pada gambar 3(a) terlihat adanya cincin berbentuk lingkaran di bagian pinggir penampang lintang specimen uji kekerasan, demikian juga pada penampang patahan specimen yang telah dicarburizing pada gambar 5 (b). Hal ini menunjukkan adanya penambahan unsur karbon pada permukaan baja sehingga kekerasannya lebih tinggi dibandingkan kekerasan raw material, karena sampai komposisi tertentu semakin tinggi kandungan karbon semakin tinggi pula kekerasan baja [9]. Peningkatan kekerasan ini akan membuat baja memiliki ketahanan aus yang lebih tinggi. Di sisi lain peningkatan kekerasan ini diikuti dengan berkurangnya elongasi yang terjadi yaitu hanya mencapai 7,6% seperti ditunjukkan pada table 2, table 3 dan gambar 8 dibandingkan dengan elongasi raw material yang mencapai 30,07 %. Hal ini juga tampak dari profil patahan yang terjadi dimana terlihat adanya pengecilan penampang pada raw material sebelum patah yang menunjukkan bahwa baja mengalami deformasi/ perpanjangan yang cukup besar. Sedangkan pada specimen yang dicarburizing tidak menunjukkan adanya pengecilan penampang pada specimen, hal ini menunjukkan bahwa hanya terjadi perpanjangan yang kecil sampai specimen patah.



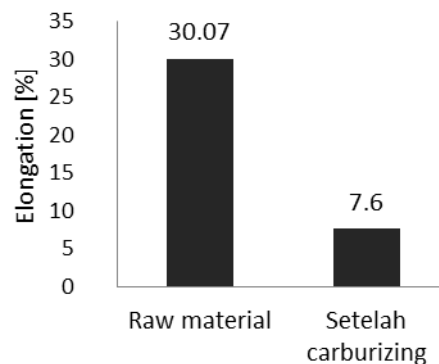
Gambar 5 (a) Penampang patahan raw material (b) Penampang patahan setelah carburizing



Gambar 6 Kekerasan raw material dan specimen setelah carburizing



Gambar 7 Tegangan luluh ( $\sigma_{yield}$ ) dan tegangan maksimum ( $\sigma_u$ ) raw material dan specimen setelah carburizing



Gambar 8 Elongation [%] raw material dan specimen setelah carburizing

Sementara itu untuk kekuatan luluh (*yield strength*) dan kekuatan tarik maksimum (*tensile strength*) dari baja karbon rendah yang dicarburizing juga mengalami peningkatan dibandingkan dengan kekuatan luluh dan kekuatan tarik maksimum dari raw material. Raw material memiliki kekuatan luluh dan kekuatan tarik maksimum masing-masing 31,99 kg/mm<sup>2</sup> dan 42,08 kg/mm<sup>2</sup>. Setelah diberikan proses pack carburizing kekuatan luluh meningkat sebesar 52,98 % menjadi 48,94 kg/mm<sup>2</sup>, sedangkan kekuatan tarik maksimumnya meningkat sebesar 30,82 % menjadi 55,05 kg/mm<sup>2</sup>. Hal ini sejalan dengan penelitian Fatai O.A, et.al [1] yang menyatakan terjadi peningkatan nilai kekuatan luluh dan kekuatan tarik maksimum setelah raw material diberikan proses pack carburizing.

Peningkatan ini disebabkan karena ada peningkatan kekerasan baja setelah dicarburizing. Adanya peningkatan kekuatan luluh mengindikasikan bahwa baja yang telah dicarburizing ini memiliki kemampuan menahan beban yang lebih besar sampai terjadinya deformasi plastik dibandingkan dengan raw material.

#### 4. SIMPULAN

Baja karbon rendah yang dicarburizing menggunakan carburizer 80% arang bamboo dan 20% BaCO<sub>3</sub>, dipanaskan sampai 9500C, ditahan selama 4 jam dan didinginkan dengan air mengalami perubahan sifat mekanis yaitu mengalami peningkatan kekerasan sebesar 100,68% pada bagian permukaan sementara kekerasan pada bagian inti tetap, peningkatan kekuatan luluh dan kekuatan tarik masing-masing sebesar 52,98% dan 30,82%. Pada sisi lain, adanya peningkatan kekerasan menyebabkan penurunan elongasi dari baja dari semula 30,07% menjadi 7,6%.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Fatai Olufemi Aramide, Simeon Ademola Ibitoye, Isiaka Oluwole Oledede and Joseph Olatunde Borode, *Pack Carburizing of mild Steel, using Pulverized Bone as Carburizer; Optimizing Process Parameters*, Leonardo Electronic Journal of Practices and Technologies, Issue 16, 1-12, 2010.
- [2] Dalmasius Ganjar Subagio dan Agus Salim, *Rancang Bangun Sistem Transmisi At(Automatic Transmission), AMT(Automated Manual Transmission), dan CVT (Continuously Variable Transmission) untuk Mobil Listrik dan Mobil Hybrid*, Jurnal Teknologi Bahan dan Barang Teknik Balai Besar Bahan dan Barang Teknik Departemen Perindustrian RI Vol. 1 No. 25., 29-35, 2011.
- [3] Emmanuel Jose Ohize & Bernard Numgwo Atsumbe, 2013, *Experimental Determination of the effect of wood Charcoal as Carburizing Material on Hardness, Impact and Tensile Strength of Mild Steel*, Journal of Science, Technology, Mathematics & Education(JOSTMED), 9 (2), April, 2013.
- [4] Muhammad Sadat Hamzah dan Muh. Iqbal, 2008, *Peningkatan Ketahanan Aus Baja Karbon Rendah dengan Metode Carburizing*, Jurnal SMARTek, vol. 6, No. 3,169-175, 2008.
- [5] Amanto, H. & Daryanto, *Ilmu Bahan*, Bumi Aksara, Jakarta, 1999.
- [6] Budinski, G.K, *Engineering Materials Properties Selection "Fourth Edition"*. Prentice Hall. New Jersey, 1992.
- [7] Nwoke, V.U; Nnuka E.E; Odo, J.U, Obiorah S.M.O, *Effect Of Process Variables on The Mechanical Properties Of Surface Hardened Mild Steel Quenched In Different Media*, International Journal Of Scientific & Technology Research Volume 3, ISSUE 4, 2014.
- [8] Higgins R. A, *Engineering metallurgy part 1*, the English University Press Limited, St. Paul's House, Warwick Lane, London EC4 Sixth ed.,462-463, 2004.
- [9] Devis J.R, *Surface Treatment of Steels, Understanding the Basics*, ASM International, 2002.