

PERUBAHAN HARGA TEGANGAN TARIK YIELD MATERIAL BAJA KARBON RENDAH SETELAH MELALUI PROSES PACK CARBURIZING

Bambang Kuswanto.

Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Semarang.

Jln. Prof. H. Soedarto, SH. Tembalang Semarang

E.mail:bkuswanto26@yahoo.co.id

Abstrak

Teknologi tepat guna untuk mendukung perkembangan industri masyarakat dewasa ini semakin maju. Pembuatan mesin-mesin untuk produksi maupun alat bantu disesuaikan dengan kebutuhan industri yang ada. Keanekaragaman kebutuhan menyebabkan berbeda pula material yang digunakan untuk pembuatan alat atau mesin tersebut. Jenis material yang sering digunakan adalah baja karbon rendah. Penggunaan baja karbon rendah sebagai material dasar (raw materials) komponen mesin, sering harus melalui proses pack carburizing. Proses yang bertujuan untuk menambah unsur karbon di dalam struktur baja agar mampu dikeraskan ini, ternyata dapat merubah harga tegangan tarik yield nya. Tegangan tarik yield (σ_y) pada material sangat penting untuk keperluan perencanaan. Karena tegangan tarik yield ini merupakan titik dimana material sudah memasuki tahap plastis yang akan membahayakan konstruksi bila dilampaui oleh beban. Penelitian ini melakukan proses pack carburizing pada material baja karbon rendah pada temperatur 900 ° C dengan waktu penahanan 2 jam. Hasilnya menunjukkan bahwa tegangan tarik yield pada baja karbon rendah menjadi lebih tinggi dibanding sebelumnya.

Kata kunci : baja karbon rendah, pack carburizing, tegangan tarik yield

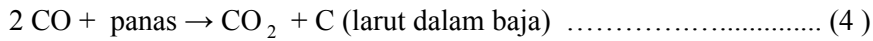
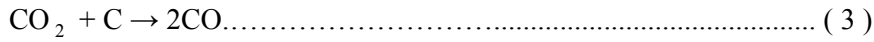
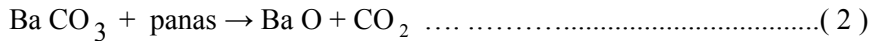
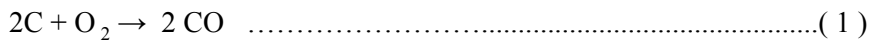
Pendahuluan

Sebagian besar kebutuhan material untuk keperluan pembuatan alat dan peralatan produksi menggunakan baja. Material baja dengan unsur paduan utama karbon, sering dinamakan baja karbon. Baja jenis ini dibedakan menjadi tiga yaitu : baja karbon rendah, baja karbon medium dan baja karbon tinggi. Baja karbon rendah pemakaiannya untuk konstruksi mesin lebih banyak dibandingkan kedua jenis lainnya. Disamping harganya lebih murah, baja ini mempunyai kemampuan untuk dimesin maupun dilas sangat baik. Sifat inilah yang menjadi dasar mengapa baja jenis ini dipilih untuk konstruksi mesin yang membutuhkan material baja.

Keberhasilan penggunaan teknologi tepat guna untuk membuat alat dan peralatan produksi ditentukan oleh ketepatan dalam pemilihan material. Kemampuan material dalam menerima beban yang direncanakan pada suatu konstruksi menjadi faktor penting. Termasuk penggunaan material baja karbon rendah. Baja karbon rendah umumnya mempunyai kemampuan untuk menahan beban tarik setara ataupun sama dengan baja St 37. Baja St 37 adalah baja yang mempunyai kekuatan tarik antara 37 Kg/mm² sampai 45 Kg/mm². Kekuatan tarik ini adalah maksimum kemampuan sebelum material mengalami patah. Kekuatan tarik yield (σ_y) baja harganya dibawah kekuatan tarik maksimum. Baja pada batas kemampuan yield merupakan titik awal dimana sifatnya mulai berubah dari elastis menjadi plastis, Perubahan sifat material baja tersebut pada kondisi tertentu sangat membahayakan fungsi konstruksi mesin. Kemungkinan terburuk konstruksi mesin akan mengalami kerusakan ringan sampai serius.

Komponen mesin dalam menjalankan fungsinya harus bersinggungan atau bergesekan dengan komponen mesin lainnya, membutuhkan tingkat kekerasan tertentu. Kekerasan permukaan dibutuhkan terutama pada permukaan yang bersinggungan. Permukaan yang keras tersebut dimaksudkan agar tahan terhadap aus. Meningkatkan kekerasan dari suatu baja salah satu caranya adalah dengan melakukan perlakuan panas pada. Baja dengan kandungan karbon di atas 0,35 % umumnya bisa langsung dikeraskan. Namun untuk kandungan karbon di bawah 0,35% harus melalui proses penambahan karbon terlebih dahulu. Penambahan karbon menggunakan media karbon padat melalui proses panas disebut *pack carburizing*. Pada temperatur kritis di atas A_{c1} baja memiliki kecenderungan untuk berafinitas dengan karbon, dimana karbon akan diabsorpsi kedalam baja membentuk larutan padat. Bila berlangsung pada waktu yang cukup lama, maka lapisan luar akan memiliki kandungan karbon lebih tinggi dibandingkan sebelumnya. Penggunaan

panas dengan temperatur austenisasi antara 850 ° C sampai 950 ° C, media karbon akan teroksidasi menghasilkan gas CO₂ dan CO. Gas CO akan bereaksi dengan permukaan baja membentuk atom karbon (C), dan selanjutnya berdefusi ke dalam baja. Reaksi pengkarbonan dapat dijelaskan sebagai berikut :



(Surdia dan Shinroku, 1999)

Gas CO₂ ini sebagian akan bereaksi kembali dengan media karbon membentuk CO dan sebagian lagi akan menguap. Aliran difusi atom dan gradient konsentrasi atom karbon didalam baja yang terkarbonasi dapat dinyatakan dengan hukum I Fick (untuk kondisi *Steady*)

$$J_X = -D \frac{\partial C}{\partial X} \left(\frac{Atom}{m^2s} \right) \dots\dots\dots(5)$$

Dinyatakan pula oleh hukum II Fick (untuk kondisi *Unsteady*).

$$\frac{\partial c}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D \frac{\partial c_x}{\partial x} \right) \dots\dots\dots(6)$$

$$\frac{\partial c}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} D \frac{\partial^2 c_x}{\partial x^2} \dots\dots\dots(7)$$

$$\frac{c_x - C_0}{C_s - C_0} = 1 - erf \left(\frac{x}{2\sqrt{Dt}} \right) \dots\dots\dots(8)$$

Pengaruh terhadap ketergantungan temperatur dari koefisien difusi dapat ditentukan dengan persamaan shackelford sebagai berikut :

$$D = D_0 \exp \left(-\frac{Q}{RT} \right) [m^2 /dt] \dots\dots\dots(9)$$

(Shackelford, 1992)

Persamaan (3) sampai (6) menggambarkan bahwa proses difusi yang berlangsung dipengaruhi oleh faktor waktu dan temperatur. Oleh karena itu untuk menghasilkan pengkarbonan yang maksimal, diperlukan pengaturan waktu dan temperatur. Struktur ferrit (besi α) dan austenit (besi γ) memiliki kemampuan untuk menampung atom-atom penyisip seperti atom karbon untuk membentuk larutan padat. Ukuran atom karbon yang relatif lebih kecil bila dibandingkan dengan atom besi, memungkinkan atom karbon masuk kedalam kisi besi α dan besi γ sebagai atom yang larut secara intersisi. Sebaliknya unsur paduan logam lain seperti mangan, nikel dan krom memiliki ukuran atom lebih besar sehingga bila masuk kedalam besi akan membentuk larutan padat substitusi (Abbaschian dan Robert, 1994) Apakah peningkatan kekerasan permukaan akibat proses *pack carburizing* tersebut dapat pula mempengaruhi perubahan pada kekuatan tarik yield? Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji persoalan tersebut.

Metodologi

(a) Bahan pengamatan, bahan utama sebagai obyek pengamatan adalah baja dengan kekuatan tarik 44 Kg/mm². Baja ini masuk dalam kelompok baja St 37 dan memiliki kandungan karbon rendah. Hasil uji laboratorium untuk komposisi kimia menunjukkan unsur karbon (C) sebesar 0,044 % . Bahan dibentuk sesuai dengan tujuan untuk uji tarik. Pengujian yang dilakukan untuk mengetahui sifat material baja *specimen* yang digunakan dalam penelitian ini, sebelum dan sesudah dilakukan perlakuan *pack carburizing*. Pada umumnya sifat material teknik diklasifikasikan menjadi tiga yaitu, sifat fisik (*physical*), kimia (*chemical*) dan kimia fisik (*physico-chemical*). Pada penelitian ini hanya akan dilakukan pengujian pisik berupa sifat mekanik (*mechanical*). Sifat mekanik material yang akan diuji berupa kekuatan (*strength*). Kekuatan yang akan diuji adalah kekuatan tarik (

tensile strength) material dalam satuan Kg/mm². *Specimen* uji kekuatan tarik untuk material baja pejal bentuknya sudah distandarkan. Penelitian ini menggunakan standar SNI 0371-1989-A untuk penampang lingkaran.

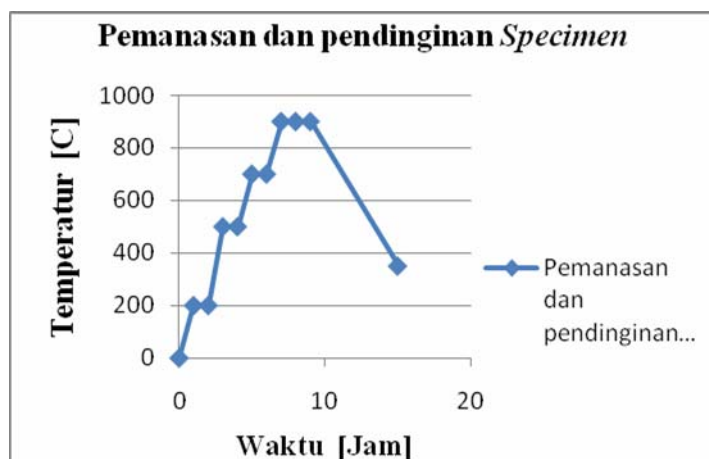
(b) Bahan Pendukung, bahan pendukung yang digunakan dalam penelitian ini adalah :Arang tempurung kelapa. Penggunaan arang tempurung kelapa dalam percobaan yang dilakukan merupakan pilihan diantara sumber karbon lainnya. Sumber karbon merupakan media dalam proses *pack carburizing* untuk meningkatkan kandungan karbon pada baja. Serta barium Karbonat (Ba CO₃). Bahan aktivator dibutuhkan agar proses penambahan karbon dari media ke baja dapat berlangsung dalam keadaan gas. Aktivator atau unsur energizer yang digunakan adalah barium karbonat. Barium karbonat (Ba CO₃) akan dicampur dengan arang tempurung kelapa. Komposisi campuran arang tempurung kelapa 90 % dan barium karbonat (Ba CO₃) 10 %. Campuran ini bersama *specimen* dimasukkan kedalam kotak baja untuk selanjutnya dilakukan proses *pack carburizing*. Campuran bubuk arang tempurung kelapa dan barium karbonat bersama *specimen* di dalam kotak baja

(c) Alat yang digunakan, pembuatan *specimen* sesuai dengan bentuk standar untuk suatu pengujian bahan, maupun bentuk lain yang disesuaikan dengan kebutuhan percobaan menggunakan mesin-mesin perkakas. Mesin perkakas yang digunakan adalah mesin bubut dan mesin gerinda. Mesin bubut digunakan untuk membentuk *specimen* sesuai dengan standar uji tarik bahan.

Proses pemanasan baja didalam kotak untuk mencapai temperatur austenisasi digunakan dapur pemanas. Dapur ini menggunakan arus listrik untuk memfungsikan elemen pemanas. Elemen pemanas akan memanaskan ruangan proses sesuai dengan tujuan. Dapur pemanas dilengkapi dengan pengatur temperatur yang dapat di atur sesuai kebutuhan dalam proses yang dilakukan

Media karbon padat yang digunakan dalam proses *pack carburizing*, menggunakan kotak (*box*) baja. Kotak ini harus mampu menerima panas pada temperatur tinggi tanpa mengalami perubahan bentuk. Kotak baja yang dipilih sebagai tempat *specimen* bersama media karbon berbentuk silinder. Kotak silinder dilengkapi penutup yang diikat dengan dua buah baut dan mur. Baut dan mur ditempatkan pada sisi silinder berfungsi untuk mengunci rapat kotak pada waktu proses berlangsung.

(d) Proses Carburizing



Didalam ruangan dapur dilakukan pemanasan secara bertahap, tahap pertama 200 ° C selama 1 jam, Tahap ke dua 500 ° C selama 1 jam dan 700° C selama 1 jam, terakhir pada temperatur *carburizing* 900 ° C selama 2 jam. Selanjutnya dilakukan pendinginan secara perlahan-lahan, dimana dapur dimatikan dan ditunggu sampai turun pada temperatur 350° C. Setelah mencapai temperatur tersebut, pintu dapur dibuka untuk mengeluarkan kotak *carburizing*. Diluar ruangan dapur tutup kotak *carburizing* dibuka, semua *specimen* dikeluarkan untuk didinginkan secara terbuka. Proses pemanasan dan pendinginan *specimen* dapat dilihat pada gambar di atas.

Hasil dan Pembahasan

Uji kekuatan tarik yang dilakukan pada matrial dasar (raw materials) menghasilkan data seperti terlihat pada table 1 berikut ini.

Tabel 1 Uji kekuatan tarik *specimen* dasar

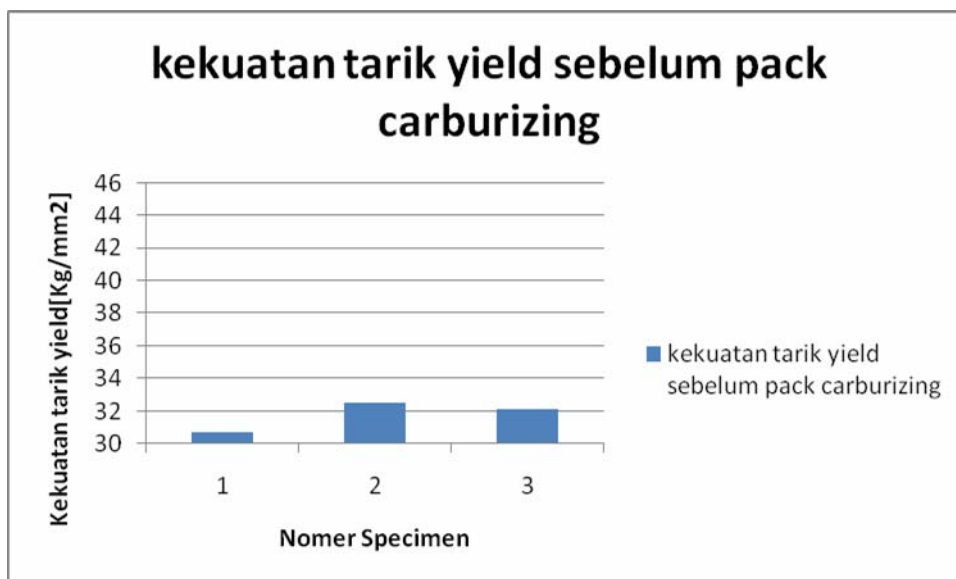
Nomor	Specimen	σ_{yield} Kg/mm ²	σ_{max} Kg/mm ²	Regangan %	Kontraksi %
1	A1	30,7	44,2	32,33	73,31
2	A2	32,5	43,8	33,33	73,31
3	A3	32,1	44,2	34	71,56
Rata-rata		31,766	44,066	33,22	72,726

Setelah proses *pack carburizing specimen* dilakukan pengujian lagi kembali dan menghasilkan data sebagai berikut.

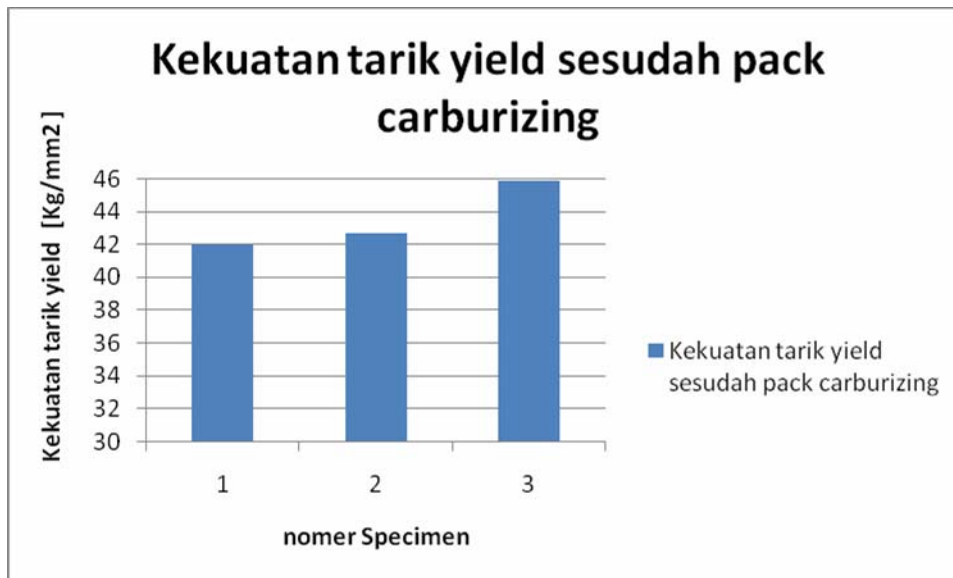
Tabel 2. Harga kekuatan tarik yield dan maksimum untuk *specimen* "A"

Nomor	Specimen	σ_{yield} Kg/mm ²	σ_{max} Kg/mm ²	Regangan %	Kontraksi %
1	A4	42	59,7	23,33	27,75
2	A5	42,7	59,7	23,67	46,22
3	A6	45,9	64	27	41,22

Hasil sebelum dan sesudah dilakukan proses *pack carburizing* dapat dilihat pada tabel 1 dan tabel 2 . Terlihat disini telah terjadi perubahan kususnya terhadap kekuatan tarik yieldnya. Perubahan ini disebabkan telah terjadi difusi karbon ke dalam struktur baja. Atom karbon menyisip diantara batas butir yang paling rawan mengalami pergeseran. Berada diantara batas butir atom karbon mendesak atom induknya yang menyebabkan atom induk menjadi semakin keras. Peningkatan kekerasan permukaan baja secara keseluruhan akan menyebabkan perubahan pada kekuatan tariknya. Perubahan tersebut termasuk meningkatnya kekuatan tarik yieldnya. Hal tersebut nampak pada hasil percobaan yang telah dilakukan pada *specimen*, telah terjadi kenaikan dari harga rata-rata 31,766 Kg/mm² menjadi 43,53 Kg/mm². Peningkatan kekuatan tarik yield ini dapat digambarkan seperti pada gambar 1 dan 2 sebagai berikut.



Gambar 1
Kekuatan tarik yield sebelum pack carburizing



Gambar 2
Kekuatan tarik yield sesudah pack carburizing

Kenaikan ini bisa dimanfaatkan untuk kepentingan perencanaan konstruksi mesin. Namun perlu pula diwaspadai dengan kenaikan kekuatan tarik yield ini akan mempengaruhi sifat lain dari baja.

Kesimpulan

Baja karbon rendah yang digunakan sebagai material dasar (raw materials) komponen mesin, bila membutuhkan peningkatan kekerasan peningkatan harus melalui proses penambahan karbon. Proses penambahan karbon salah satu cara yang bisa dilakukan adalah menggunakan media karbon padat. Metoda yang dikenal sebagai pack carburizing ini, melalui proses pemanasan baja bersama media padat dimasukkan ke dalam kotak. Salah satu akibat dari perlakuan ini menyebabkan kenaikan pula pada kekuatan tarik yield. Kenaikan ini dapat dimanfaatkan untuk keperluan perencanaan konstruksi mesin. Namun perlu pula diwaspadai akibat lain dari kenaikan ini terhadap perubahan sifat lainnya dari baja.

Daftar Pustaka

1. Abbaschian, R., Robert, E., 1994, *Physical Metalurgy Principles, Universitas of Florida, USA* : PWS Publishing Company, Third Edition.
2. Amstead B. H., dkk, 1992, *Teknologi Mekanik (Alih bahasa: Sriati Djaprie)*. Jakarta: Erlangga, Edisi Ketiga, Jilid 2
3. Boyer, H. E., dan Gall, T. L., 1985, *Metal hand book, Desk Edition*, ASM Ohio.
4. Darmanto, 2006, Pengaruh Holding Time Terhadap Sifat Kekerasan Dengan Refining The Core Pada Proses Carburizing Material Baja Karbon Rendah, *Jurnal Traksi Vol 4, No. 2, Desember 2006*.
5. Mujiyono dan A. L. Sumowidagdo, 2008, Meningkatkan Efektifitas Karburasi Padat Pada Baja Karbon Rendah Dengan Optimasi Ukuran Serbuk Arang Tempurung Kelapa, *Jurnal Teknik Mesin, April 2008/vol 10/No:1*
6. Prabudev, K. H., 1988, *Hand Book of Heat Treatment of Steel, New Delhi: Mc Graw-Hill Publishing Company Limited*.
7. Rumendi. U dan Purnawarman. O, 2006, Pahat bubut baja St 37 sebagai pahat alternatif pengganti pahat bubut HSS melalui proses karburasi arang batok, makalah Seminar on Application and Research in Industrial Technology, SMART 2006, UGM Yogyakarta.
8. Rosfian Arsyah Dahar, 2003, Pengaruh Suhu Sementasi Dan Waktu Tahan Suhu Proses Sementasi Dalam Media Padat Terhadap Kekerasan Lapisan Pasca Pengerasan Dan Pemudaan Baja 15 Cr N16, *Jurnal MESIN, Volume 5, Nomer 1, Januari 2003*.

-
9. Shackelford. J. F, 1992, *Introduction to Materials Science for Engineers, New York: Macmillan Publishing Company, Third Edition.*
 10. Surdia. T dan Shinoku, 1999, *Pengetahuan Bahan Teknik, Jakarta: PT Pradnya Paramita, Cetakan keempat.*
 11. Suryanto. H, Malau. V dan Samsudin, 2003, *Pengaruh penambahan barium karbonat pada media karburasi terhadap karakteristik kekerasan lapisan karburasi baja karbon rendah, Prosiding Seminar Nasional Teknik Mesin, Unibraw, Malang*
 12. Sudarsono, dkk, 2003, *Pengaruh temperatur dan waktu tahan karburasi padat terhadap kekerasan permukaan baja AISI – SAE 1522, Prosiding Seminar nasional aplikasi sains dan teknologi, Institut Sains & Teknologi AKPRIND.*
 13. Sugondo., Mujinem dan M.M Lilis Windaryati, 2006, *Difusi Karbon Akibat Pelapisan Grafit Pada Kelongsong Zircaloy – 2, Jurnal Sains Materi Indonesia, Vol. 7.No. 2, Februari 2006.*
 14. Suprpto., Sayono dan Lely Susita R. M, 2006, *Karburasi Baja ST 40 Dengan Teknik Sputtering, Jurnal Sains Materi Indonesia, Vol. 8, No.1, Oktober 2006.*
 15. Supriyono dan Tri Widodo Besar Riyadi, 2002, *Pengaruh Pengarbonan Dengan Media Limbah Kayu Mahoni Terhadap Sifat Lelah Spesimen Baja Karbon Rendah Bertakik – V, Jurnal POROS, Volume 5, Nomer #, Juli 2002*
 16. Syamsuir, 2003, *Pengaruh karburasi terhadap kekerasan baja DIN 15 Cr Ni6 (MS 7210), Tesis, UGM, Yogyakarta.*
 17. Vlack, L. H. Van, 2004, *Elemen-elemen Ilmu dan Rekayasa Material (Alih bahasa, Sriati Djaprie), Jakarta, Erlangga, Edisi keenam.*