

Pengaruh *Single* dan *Double Quenching* pada Proses *Pack Carburizing* terhadap Sifat Mekanik Baja Paduan Karbon Rendah AISI 3115

Adi Ganda Putra¹ & Pawawoi²

¹Jurusan Teknik Mesin

²Jurusan Teknik Metalurgi

Fakultas Teknik - Universitas Jenderal Achmad Yani

Abstrak. *Pack carburizing* adalah proses pengerasan permukaan dengan cara mendifusikan atom karbon ke bagian permukaan logam sehingga diperoleh perubahan sifat mekanik diantaranya kekerasan, struktur mikro dan ketahanan aus. Penelitian proses *pack carburizing* dilakukan pada suhu pemanasan 900°C dan waktu penahanan 120 menit dengan proses *quenching* meliputi *single* dan *double quenching*. Kekerasan yang dihasilkan untuk *single quench* sebesar 324,6 Hv sedangkan kekerasan untuk *double quench* sebesar 381,4 Hv. Nilai keausan untuk *single quench* sebesar 0,62%, sedangkan untuk *double quench* mencapai 0,34%. Hasil struktur mikro menunjukkan adanya fasa martensit pada permukaan lapisan karburasi dengan kadar karbon mencapai 0,94 %. Ketebalan lapisan untuk *single quench* adalah 85,5µm, temper *single quench* adalah 86 µm, *double quench* adalah 87,45 µm dan temper *double quench* adalah 88,5 µm.

Kata kunci : *Pack carburizing, single quench, double quench, temper single quench dan temper double quench*

1 Pendahuluan

Perlakuan panas adalah suatu proses laku panas (*heat treatment*) yang diterapkan pada logam agar diperoleh sifat-sifat yang diinginkan. Salah satu proses perlakuan panas itu adalah *pack carburizing*. Proses *pack carburizing* pada baja paduan karbon rendah dilakukan untuk memperbaiki sifat mekanik khususnya kekerasan dan ketahanan aus. Untuk menghasilkan sifat-sifat tersebut ada beberapa bagian proses yang dapat divariasikan seperti proses *quench* dan proses temper. Pada proses *quench* ini dapat digunakan *single quench* dan *double quench*, sedangkan pada proses temper dapat divariasikan temperatur dan pendinginannya. Proses *quench* dilakukan untuk mendapatkan struktur martensit yang memiliki sifat kekerasan yang tinggi, sedangkan proses temper dilakukan untuk mengubah fasa martensit menjadi bainit, mengubah fasa austenit sisa yang belum berubah menjadi martensit akibat pendinginan yang cepat menjadi martensit sehingga akan dihasilkan fasa campuran antara martensit dan fasa bainit. Adanya perubahan fasa akan menghasilkan sifat yang baru dengan kekerasan yang masih tinggi tapi juga memiliki ketangguhan (tidak getas). Proses temper juga dimaksudkan untuk menghilangkan tegangan sisa /tegangan dalam yang timbul akibat proses pengerasan dan memperbaiki kestabilan dimensi.

2 Metodologi Penelitian

2.1 Persiapan Bahan

Bahan yang disiapkan antara lain:

1. Karbon/ arang batok kelapa : 85%
2. Kalsium : 15%
3. Media pendingin : Oli dan Air

2.2 Pemeriksaan Komposisi Kimia

Pemeriksaan komposisi kimia bertujuan untuk mengetahui kandungan unsur-unsur yang terdapat pada specimen. Metoda yang dipakai untuk mengetahui komposisi kimia yang terdapat dalam specimen adalah dengan spektrometri. Setelah pemeriksaan dilakukan kemudian hasilnya dibandingkan dengan standar AISI.

2.3 Persiapan spesimen

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah Baja Paduan Karbon Rendah AISI 3115 dengan ukuran 30 mm x 10 mm x 10mm.

2.4 Metode Proses *Pack carburizing*

Proses *pack carburizing* dilakukan dengan memasukan benda kerja kedalam sebuah cawan yang telah terisi dengan arang batok kelapa ditambah dengan kalsium karbonat dengan komposisi dalam persen berat, yaitu 85% : 15%. Metode pengerasan *pack carburizing* yang dilakukan pada material baja paduan karbon rendah AISI 3115 ini adalah proses pendinginan dengan:

- a. *Single quench*
- b. *Double quench*

Proses *single quench* dilakukan dengan memanaskan pada temperatur 300°C selama 30 menit, kemudian temperatur dinaikan hingga suhu 600°C dan ditahan selama 30 menit, dan kembali temperatur sampai 900°C selama 120 menit, kemudian didinginkan udara. Setelah dingin, dipanaskan kembali pada temperatur 900°C, dan ditahan selama 60 menit, kemudian dicelupkan kedalam oli. Kemudian setelah itu di temper pada suhu 200°C selama 60 menit.

Proses *double quench* dilakukan dengan proses awal yang sama dengan proses *single quench* sampai pada pendinginan di dalam oli. Setelah itu dipanaskan kembali pada temperatur 900°C, selama 60 menit, kemudian dicelupkan kedalam air, kemudian specimen di temper kembali pada suhu 180°C selama 60 menit.

2.5 Pemeriksaan Struktur Mikro

Pemeriksaan struktur mikro bertujuan untuk mengetahui struktur mikro yang diperoleh dari hasil pemotretan pada baja paduan karbon rendah AISI 3115. Pemeriksaan ini dilakukan sebelum dan sesudah proses karburasi padat. Cara yang digunakan adalah cara metalografi.

2.6 Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan dengan memakai alat uji kekerasan Mikro Vickers, dengan kondisi pembebanan 200 gram, dan waktu penekanan selama 15 detik. Pengujian ini berdasarkan standar ASTM E-92.

2.7 Pengujian Ketahanan Aus

Pengujian ketahanan aus dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui perubahan ketahanan aus dari specimen awal dengan specimen yang telah mengalami proses karburasi padat pada masing-masing metoda pengerasan yang berbeda. Metoda yang digunakan adalah dengan menghitung kehilangan berat dari hasil pengujian. Prinsip kerjanya dengan menggesekan logam uji pada suatu logam penggesek (*abraden*).

2.8 Pengujian SEM

Scanning Electron Microscopy (SEM) adalah proses pemeriksaan struktur mikro menggunakan berkas elektron gelombang pendek. Berkas elektron diarahkan pada bagian spesimen yang ingin diamati sehingga terjadi proses *scanning*. Gerakan *scanning* ini disebabkan oleh scanning coil, sedangkan sinyal pantulan dideteksi oleh *photomultiplier*. Perbesaran yang dihasilkan sampai 300.000x

3 Data dan Pembahasan

3.1 Pemeriksaan Komposisi Kimia

Hasil pemeriksaan komposisi kimia seperti ditunjukkan pada Tabel 1,

Tabel 1 Komposisi kimia spesimen uji

Komposisi Kimia	C	Mn	Cr	Ni
	0,14 - 0,19	0,40 - 0,60	1,40 - 1,70	1,40 - 1,70
Perbandingan ke Standar International				AISI 3115

3.2 Pengujian Kekerasan

Hasil pengujian kekerasan spesimen sebelum proses *pack carburizing* seperti ditunjukkan pada Tabel 2, sebagai berikut:

Tabel 2 Hasil Pengujian Kekerasan spesimen sebelum proses *pack carburizing*

Jarak Uji	Kekerasan (HV/0,05)
100	149,5
200	138,2
300	138,2
400	155,7
500	143,7
Rata-rata	145,06

Sedangkan hasil pengujian kekerasan spesimen setelah proses *pack carburizing* yang diikuti proses *single quench* dan *double quench* seperti ditunjukkan pada Tabel 3.

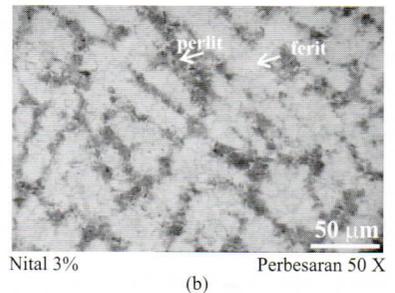
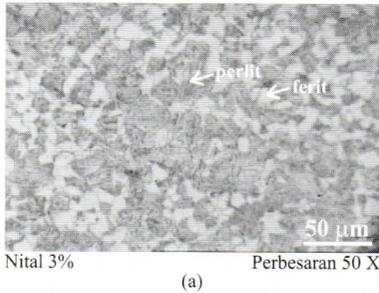
Tabel 3 Hasil Pengujian Kekerasan spesimen setelah proses *pack carburizing*

No	Sampel	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Rata-rata
1	Single Quench	418	418	418	418	367	367	306	245	225	343,25
	+Temper	353	353	353	353	345	345	247	-	-	324,6
2	Double Quench	516	516	508	506	480	480	225	225	-	420,82
	+Temper	603	558	558	516	345	280	203	-	-	381,4

Pengaruh *Single* dan *Double Quenching* pada Proses *Pack Carburizing* terhadap Sifat Mekanik Baja Paduan Karbon Rendah AISI 3115

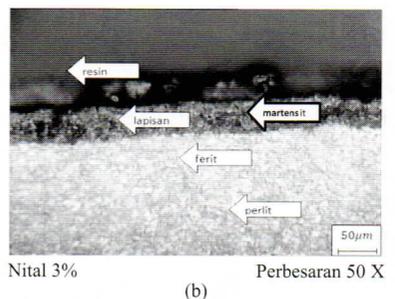
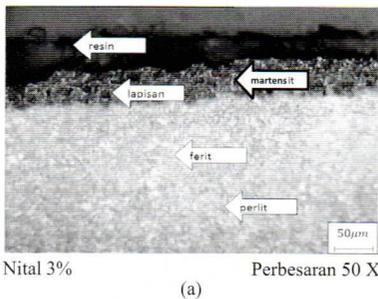
3.3 Pemeriksaan Struktur Mikro

Hasil pemeriksaan struktur mikro dari spesimen sebelum dilakukan proses *pack carburizing* seperti diperlihatkan pada Gambar 1. Struktur mikro terdiri dari fasa ferit yang berwarna putih dan fasa perlit yang berwarna hitam.



Gambar 1 Struktur mikro spesimen sebelum mengalami proses *pack carburizing* yang terdiri dari fasa ferit dan perlit; (a) awal, (b) *normalizing*

Sedangkan hasil pemeriksaan struktur mikro dari spesimen setelah dilakukan proses *pack carburizing* dengan *single quench* dan *double quench* dan proses *tempering* seperti diperlihatkan pada Gambar 2. Struktur mikro terdiri dari fasa ferit yang berwarna putih dan fasa perlit yang berwarna hitam.



Gambar 2 Struktur mikro spesimen setelah mengalami proses *pack carburizing* yang terdiri dari fasa ferit dan perlit serta fasa martensit pada lapisan; (a) *single quench*, (b) *double quench*

3.4 Pengujian Ketahanan Aus

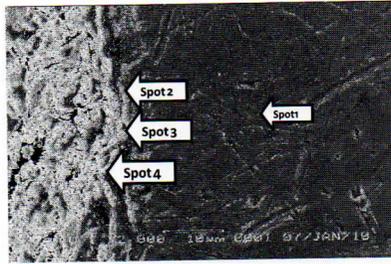
Hasil pengujian ketahanan aus seperti ditunjukkan pada Tabel 4 di bawah ini.

Tabel 4 Hasil Pengujian Ketahanan aus

No.	Kode Spesimen	Berat (gr)		Kehilangan Berat (gr)	Persen Keausan (%)
		Awal	Akhir		
1.	Material Awal	52,43	46,36	6,07	11,6%
2.	<i>Single Quench</i>	48,52	48,22	0,3	0,62%
3.	<i>Double Quench</i>	50,31	50,14	0,17	0,34%

3.5 Pengujian SEM

Struktur mikro dan data hasil setiap spot hasil pengujian SEM-EDAX secara berturut-turut diperlihatkan pada Gambar 3 dan data ditunjukkan pada tabel 5.



Gambar 3 Spot yang diambil pada pengujian SEM

Tabel 5 Hasil pengujian komposisi kimia spesimen dengan menggunakan alat uji SEM

No.	C	Cr	Mn	Fe	Ni	Al
Spot 1.	0,45	3,58	0,29	58,52	0	0
Spot 2.	0,57	4,87	0,64	47,89	0	15,81
Spot 3.	0,69	4,82	0,39	79,88	0	14,22
Spot 4.	0,94	6,83	0,91	67,87	0	23,45

3.6 Pembahasan

Dari pemeriksaan komposisi kimia, spesimen yang digunakan sesuai dengan standar AISI 3115 yang merupakan kelompok Baja paduan dengan kadar karbon rendah. Unsur Mn ditambahkan dalam paduan untuk meningkatkan ketahanan aus sedangkan unsur Ni dan Cr berfungsi sebagai unsur pembentuk karbida dan meningkatkan ketahanan korosi.

Dari hasil pengujian kekerasan yang menggunakan *Mikro Vickers*, kekerasan material awal dengan material akhir memiliki perbedaan kekerasan yang cukup tinggi. Material dengan proses *double quench* memiliki kekerasan paling tinggi sebesar 420 Hv dan setelah ditemper sebesar 381 Hv, sedangkan material dengan *single quench* memiliki kekerasan 343 Hv dan setelah proses temper 324 Hv. Untuk material awal (sebelum proses *pack carburizing*) memiliki kekerasan 145 Hv. Perbedaan kekerasan yang terjadi dapat dijelaskan dengan melihat struktur mikro dan hasil uji SEM. Dari hasil pemeriksaan struktur mikro untuk proses *pack carburizing* dengan *single quench* dan *double quench*, muncul fasa martensit pada lapisan yang memiliki kekerasan yang tinggi. Sedang dari uji SEM, pada permukaan lapisan kadar C yang ada 0,69% (spot 3) yang memungkinkan terbentuknya martensit sangat besar. Semakin lama temperatur pemanasan (*double quench*) maka difusi karbon semakin tinggi yang ditandai dengan kedalaman sebesar 87µm, sedangkan untuk *single quench* kedalaman difusi sebesar 85,5 µm.

Dari hasil pengujian ketahanan aus, prosentase kehilangan berat yang terkecil dari material proses *pack carburizing* dengan *double quench* sebesar 0,34 % sedangkan untuk *single quench* sebesar 0,62% dan material awal sebesar 11,6%. Seperti yang telah dijelaskan diatas, munculnya fasa martensit dan peluang terbentuknya karbida yang cukup besar dipermukaan dapat meningkatkan ketahanan aus dari material. Kekerasan yang tinggi dari fasa martensit dan karbida menyebabkan material akan memiliki ketahanan aus yang tinggi.

Perhitungan koefisien difusi dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan Einstein:

$$D = \frac{x^2}{2t}$$

Pengaruh *Single* dan *Double Quenching* pada Proses *Pack Carburizing* terhadap Sifat Mekanik Baja Paduan Karbon Rendah AISI 3115

Untuk proses *single quench* dengan temperatur 900°C (1173K), lama penahanan 2 jam (7200 detik) dan didinginkan dengan menggunakan media oli, didapat kedalaman lapisan $x = 85,5\mu\text{m}$ atau 0,00855cm, sehingga laju difusinya adalah:

$$D = \frac{0,00855^2}{2(7200)}$$

$$D = 5,07 \times 10^{-9} \text{ cm}^2 / \text{det}$$

Dengan cara yang sama untuk beberapa proses yang lain diperlihatkan pada Tabel 6.

Tabel 6 Hasil perhitungan laju difusi

No	Sampel	Jarak difusi (cm)	Laju difusi (cm ² /det)
1	<i>Single Quench</i>	$8,5 \times 10^{-3}$	$5,07 \times 10^{-9}$
2	<i>Temper Single Quench</i>	$8,6 \times 10^{-3}$	$5,13 \times 10^{-9}$
3	<i>Double Quench</i>	$8,745 \times 10^{-3}$	$5,31 \times 10^{-9}$
4	<i>Temper Double Quench</i>	$8,85 \times 10^{-3}$	$5,43 \times 10^{-9}$

Dari tabel di atas, proses *temper double quench* memiliki laju difusi yang paling tinggi yang menggambarkan bahwa proses inilah yang mampu memberikan kedalaman difusi yang paling optimum untuk karbon.

4 Kesimpulan

1. Komposisi kimia material uji sesuai dengan standar AISI 3115 yaitu baja paduan karbon rendah.
2. Kekerasan dari hasil proses *pack carburizing* dengan menggunakan metoda *double quench* pada temperatur karburasi 900°C lebih tinggi dibanding dengan menggunakan metoda *single quench* (420 Hv > 343 Hv)
3. Ketebalan maksimal didapatkan dari proses *pack carburizing* dengan metoda *double quench* sebesar 88,5µm.
4. Ketahanan aus material yang optimum didapatkan dari hasil *pack carburizing* dengan metoda *double quench* sebesar 0,62%.
5. Peningkatan kekerasan terjadi karena munculnya fasa martensit dan karbida pada lapisan.

Daftar Pustaka

1. Anver, Sidney H, *Introduction to Physical Metallurgy*, 2nd edition. Mc.
2. ASM, *Metal Hand Book*. Vol 4, 10th edition. 1991.
3. ASM "Phase Diagram", cyberbuzz.gatech.edu/asm_tms/phase_diagrams.
4. Guy, Alberto, John Henru, "Element of Physical Metallurgy", Oxpord and IBH Publishing Co. 1980.
5. Krauss, Geirge, "Heat Treatment abd processing Principles and Steel", ASM, Material Park. Ohio. 1989.

6. Suratman, Rochim, *Paduan Proses Perlakuan Panas*, Lembaga Penelitian ITB. 1994.
7. Thelning, Eric, Karl, *Steel and its Heat Treatment*, 2nd edition Butter Worth, London. 1984.
8. Valck, Van, *Ilmu dan Teknologi Bahan*, Erlangga, Jakarta 1987.
9. William, F, Smith, "*Structure and Properties of Engineering Alloy*." Mc Graw-Hill. USA. 1981.
10. Wilson. R," *Metallurgy and Heat Treatment of Tool Steel*", Mc Graw Hill, London. 1975.
11. Zakharov, B, *Heat Treatment of Metals*, translate of the Russian. Peace Publisher. Moscow. 1962.