

PENGARUH TEMPERATUR TERHADAP SIFAT MEKANIS PADA PROSES PENGKARBONAN PADAT BAJA KARBON RENDAH

Muhammad Iqbal *

Abstract

This research is aimed at investigating the effect of temperatures variation on mechanical properties in the pack Carburizing processes on low carbon steel. Holding time for the carbonization is determined at 2 hours with the temperatures variation 850 °C, 900 °C and 950 °C. Coconut charcoal powder was chosen as the carbon source and mixed with 25% Ba CO₃ as the catalyst. Surface hardening is done by reheating the specimens at 840°C for 20 minutes, then quenching using water. Hardness testing shows that specimen with the highest heating temperature (950 °C) resulting in the hardest specimen (883 Kg/mm²). .

Key word: Pack Carburizing, temperature, hardness

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari variasi temperatur terhadap perubahan sifat mekanis pada proses pengarbonan padat baja karbon rendah. Waktu tahan yang digunakan selama proses pengarbonan adalah 2 jam dengan variasi temperatur masing-masing 850°C, 900°C dan 950°C. Dalam proses pengarbonan, sumber karbon adalah serbuk arang tempurung kelapa dan dicampur dengan 25% Ba CO₃ sebagai katalisnya. Pengerasan permukaan dilakukan dengan memanaskan kembali spesimen pada suhu 840°C selama 20 menit dan di quenching pada media air. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian kekerasan dan pengamatann struktur mikro. Hasil penelitian menunjukkan bahwa temperature 950°C memberikan kekerasan permukaan tertinggi (883 kg/mm²).

Kata kunci: Pengarbonan padat, Temperatur, Kekerasan

1. Pendahuluan

Pemakaian logam *ferrous* baik baja maupun besi cor dengan karakteristik dan sifat yang berbeda membutuhkan adanya suatu penanganan yang tepat sehingga implementasi dari penggunaan logam tersebut dapat sesuai dengan kebutuhan yang ada, khususnya baja. Penggunaan baja karbon rendah banyak digunakan lebih disebabkan karena baja karbon rendah memiliki keuletan tinggi dan mudah *dimachining*, tetapi kekerasannya rendah dan tidak tahan aus. Baja ini tidak dapat dikeraskan dengan cara konvensional

karena kadar karbonnya yang rendah, sehingga dilakukan proses *Carburising*. Proses *Carburising* sendiri didefinisikan sebagai suatu proses penambahan kandungan unsur karbon (C) pada permukaan baja.

Proses *Carburising* yang tepat akan menambah kekerasan permukaan sedang pada bagian inti tetap liat. Selain dari pada itu ada hal yang perlu diperhatikan sebelum memulai proses pengarbonan (*Carburising*), yaitu komposisi kimia khususnya perubahan unsur karbon (C) akan dapat mengakibatkan perubahan sifat-sifat

* Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Palu

mekanik baja tersebut. Pada kondisi operasinya, komponen permesinan mempunyai kelemahan yaitu nilai kekerasan yang rendah sehingga mengakibatkan kegagalan dalam proses operasinya. Jenis kegagalan yang sering terjadi adalah keausan, deformasi, sobek dan Pecah. Pengerasan permukaan atau *surface hardening* melalui proses *pack carburizing* media arang tempurung kelapa sebagai unsur *carbuizer* dengan barium karbonat (BaCO_3) sebagai bahan katalis merupakan salah satu cara untuk mengurangi terjadinya kegagalan pada komponen yang terbuat dari baja karbon rendah

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Baja Karbon

Baja merupakan paduan yang terdiri dari unsur utama besi (Fe) dan karbon (C), serta unsur-unsur lain, seperti : Mn, Si, Ni, Cr, V dan lain sebagainya yang tersusun dalam prosentase yang sangat kecil. Dan unsur-unsur tersebut akan berpengaruh terhadap mutu dari baja tersebut.

Pada baja karbon rendah mempunyai kandungan karbon % C < 0,3 %. Sifat kekerasannya relatif rendah, lunak dan keuletannya tinggi. Baja karbon rendah biasanya digunakan dalam bentuk pelat, profil, sekrup, ulir dan baut.

2.2. Pengerasan Permukaan Baja (*Steel Surface Hardening*)

Pengerasan permukaan dilakukan dengan 2 cara yaitu seluruh permukaan dikeraskan atau sebagian saja dari permukaan yang dikeraskan. Tujuan pengerasan permukaan secara umum adalah memperbaiki ketahanan aus dan ketahanan korosi. Pengerasan permukaan pada baja meliputi dua jenis yaitu *Induction Hardening* dan *Thermo Chemical Treatment*.

Prinsip kerja *Induction Hardening* adalah memanaskan permukaan baja hingga temperatur *austenit* yang sesuai dengan baja yang bersangkutan, kemu-

dian disemprotkan pendingin sehingga permukaan menjadi keras.

Prinsip kerja dari *Thermo Chemical Treatment* 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. *Thermo Chemical Treatment* dilakukan terhadap baja yang mempunyai kadar karbon di bawah 0,3%. Kadar karbon ini tidak memungkinkan terjadinya fasa *martensit* yang keras.

2.3. Carburizing

Carburizing adalah suatu proses penambahan kadar karbon pada permukaan baja yang dilakukan dengan cara memanaskan baja dalam lingkungan yang banyak mengandung unsur karbon aktif. Berdasarkan mediana, proses *carburizing* dikelompokkan atas tiga jenis yaitu proses solid atau *pack carburizing*, proses liquid *carburizing* dan proses gas *carburizing*. Proses *pack carburizing* atau pengarbonan padat didefinisikan sebagai proses pelapisan permukaan baja dengan karbon padat pada temperatur tinggi (850°C - 950°C). Pada proses pengarbonan padat, spesimen ditempatkan ke dalam kotak yang berisi media karburasi, kemudian dipanaskan pada suhu austenisasi sehingga media penambah unsur karbon saat pemanasan akan mengeluarkan gas 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. Media karburasi berasal dari kokas, briket batubara, arang kayu dan arang tempurung kelapa. Untuk memperoleh hasil yang maksimal maka media karburasi ditambahkan dengan zat pengaktif karbon (*energizer*) antara lain berupa barium karbonat (BaCO_3), kalsium karbonat (CaCO_3) dan Natrium karbonat (Na_2CO_3), penambahan

energizer mencapai 10-40% berat media karburasi.

2.4. Quenching

Quench (celup cepat) adalah salah satu perlakuan panas dengan laju pendinginan cepat yang dilakukan dalam suatu media pendingin misal air atau oli. Untuk memperoleh sifat mekanik yang lebih keras. Untuk baja karbon rendah dan baja karbon sedang, lazim dilakukan pencelupan dengan air. Untuk baja karbon tinggi dan baja paduan biasanya digunakan minyak sebagai media pencelupan, pendinginannya tidak secepat air. Tersedia berbagai jenis minyak, seperti minyak mineral dengan kecepatan pendinginan yang berlainan sehingga dapat diperoleh baja dengan berbagai tingkat kekerasan. Untuk pendinginan yang cepat dapat digunakan air garam atau air yang disemprotkan. Beberapa jenis logam dapat dikeraskan melalui pendinginan udara terlalu lambat. Benda yang agak besar biasanya dicelup dalam minyak. Suhu media celup harus merata agar dapat dicapai pendinginan yang merata pula. Media pendinginan yang digunakan dalam produksi harus dilengkapi dengan perlengkapan pendinginan.

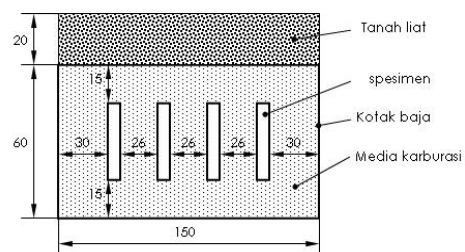
3. Metode Penelitian

Pada penelitian ini sebagai media pengarbonan digunakan serbuk arang batok kelapa, sedangkan material baja yang dipakai sebagai spesimen penelitian memiliki komposisi kimia : Fe 98,48%; C 0,1943%, Si 0,1518%, Mn 0,6365%, P 0,0322%, S 0,3158 %, 0,0953% Ni; Mo 0,0142%, Cu 0,1972%, Pb 0,0002% dan W 0,035%.

3.1 Proses Pengarbonan

Metode *pack* karburising dimana arang batok kelapa setelah dihancurkan kemudian diayak.lalu barium karbonat dicampurkan dengan komposisi 25% berat. Spesimen uji diletakkan dalam kotak baja di dalam lingkungan campuran serbuk arang

batok kelapa–barium karbonat. Setelah itu, kotak dimasukkan dalam dapur pemanas. Suhu proses pengarbonan dipilih 850 °C, 900 °C dan 950 °C dengan waktu proses penahanan 2 jam. Pemilihan suhu proses pengarbonan didasarkan pada suhu austenisasi baja karbon rendah yaitu antara 850 °C – 950 °C. Setelah proses pengarbonan, spesimen uji di panaskan kembali pada temperatur 840 °C ,dan ditahan selama 20 menit kemudian diquenching secara bersamaan ke dalam air bersuhu 27 °C.



Gambar 1. Penempatan spesimen dalam kotak

3.2. Uji Kekerasan

Pengujian kekerasan menggunakan mikro vickers dengan beban 1 kg dan dilakukan berdasarkan standar ASTM E-92-82. kekerasan indentasi Vickers (V_{HN}) dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$V_{HN} = \frac{2.P.\sin(\theta/2)}{d^2} \left(\frac{kg}{mm^2} \right) \dots\dots(1)$$

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

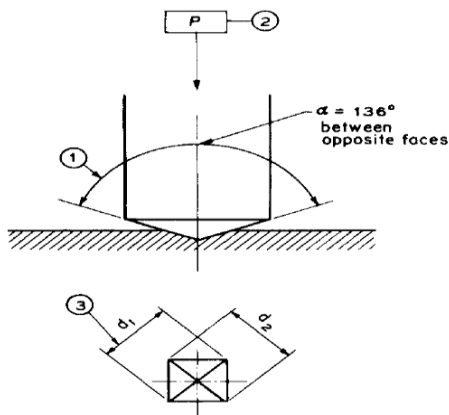
sehingga diperoleh :

$$V_{HN} = \frac{1,854P}{d^2} \left(\frac{kg}{mm^2} \right) \dots\dots\dots(3)$$

dimana : P = beban indentasi (kg)

d = diagonal rata-rata bekas injakan (mm)

θ = sudut puncak = 136°



Gambar 2. Metode Pengujian Kekerasan Mikro Vickers (ASTM E-92-82)

3.3. Pengetsaan

Pengetsaan hanya dilakukan untuk benda uji yang akan diamati struktur mikronya. Bahan etsa menggunakan HNO_3 (nitrit acid). Tujuannya untuk menampakkan struktur mikro di bawah mikroskop agar tampak jelas.

3.4. Pengujian Struktur Mikro

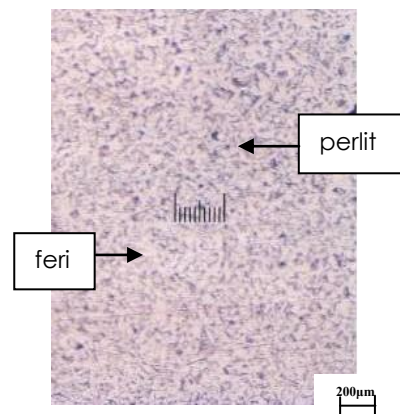
Alat uji yang digunakan dalam proses ini adalah mikroskop (Olympus Metallurgica Microscope) yang mempunyai perbesaran 50X, 100X, 200X, 500X, 1000X, dan 2500X, sedangkan pemotretan struktur mikronya menggunakan alat Olympus Photomicrographic System, dengan

perbesaran yang digunakan adalah 50X dan 200X.

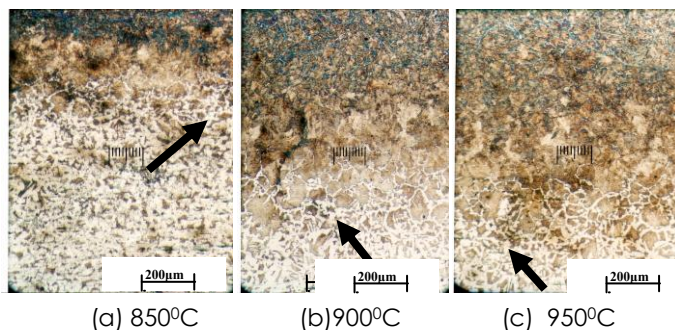
4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Pembahasan Hasil Uji Struktur Mikro

Dari hasil pengamatan struktur mikro spesimen sebelum proses pengarbonan padat menunjukkan struktur ferit (warna putih) lebih banyak dibandingkan dengan struktur perlitnya (warna hitam) pada batas butir, akan tetapi setelah proses pengarbonan padat justru struktur perlitnya yang lebih banyak daripada feritnya. Gambar struktur mikro dari raw material dapat dilihat pada gambar 3, sedangkan gambar struktur mikro setelah material mendapatkan proses pengarbonan padat dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 3. Struktur mikro Raw Material



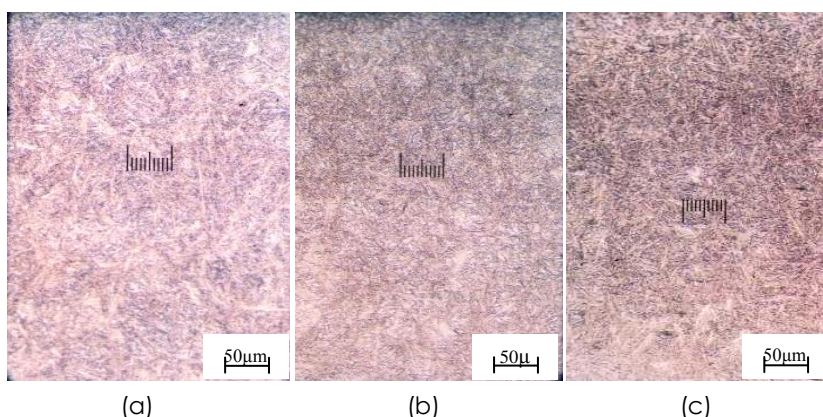
Gambar 4. Kedalaman lapisan karburasi temperatur , ,

Hasil pengamatan struktur mikro lapisan karburasi menunjukkan peningkatan kandungan karbon seiring dengan bertambahnya suhu pengarbonan. Pada pengarbonan temperatur 850°C tampak struktur perlit yang terbentuk lebih sedikit, dibandingkan dengan struktur perlit pada temperatur pengarbonan 900°C dan 950°C, sedangkan ketebalan lapisan karburasi semakin besar seiring dengan meningkatnya temperatur pengarbonan.

Semakin tinggi temperatur perlakuan maka atom karbon semakin banyak yang terperangkap pada bagian permukaan. Hal ini sangat jelas terlihat pada permukaan spesimen yang mengalami proses *quenching*, dimana pada umumnya atom karbon yang terperangkap pada bagian permukaan spesimen mengakibatkan terbentuknya martensit dan terdapat austenit sisa sehingga lapisan menjadi keras seperti pada Gambar 5. Pada Gambar tersebut terlihat semakin tinggi temperatur pengarbonan, matriks martensit semakin rapat sehingga nilai kekerasan lapisan akan semakin tinggi.

Proses pengarbonan adalah salah satu proses pengerasan permukaan baja karbon rendah

dengan metode difusi atom karbon. Dengan bertambahnya atom karbon pada baja maka sifat mampu kerasnya akan semakin meningkat pula, melalui perlakuan *hardening* maka kekerasan dari lapisan hasil proses pengarbonan akan semakin meningkat. Proses difusi pada proses pengarbonan padat dapat ditingkatkan dengan menambah unsur kimia sebagai *activator* atau katalis ke dalam media karburasi dan peningkatan suhu karburasi, unsur kimia yang biasa digunakan sebagai *activator* adalah barium karbonat (BaCO_3), kalsium karbonat (CaCO_3) dan natrium karbonat (NaCO_3). Penambahan unsur kimia kedalam media karburasi akan meningkatkan karbon potensial yang mengakibatkan proses difusi berlangsung lebih cepat dan proses masuknya atom karbon ke permukaan baja akan semakin dalam, seperti terlihat pada hasil pengamatan struktur mikro. Pada temperatur 700°C barium karbonat akan terurai menjadi barium oksida dan menghasilkan gas CO_2 , gas ini akan bereaksi dengan karbon dari media karburasi menghasilkan gas CO yang selanjutnya mengaktifkan atom karbon untuk berdifusi ke dalam permukaan baja.



Gambar 5. Struktur mikro lapisan karburasi melalui proses pengarbonan yang dilanjutkan dengan proses pengerasan pada temperatur 840°C kemudian diquenching pada media air.

(a) temperatur 850°C, (b) temperatur 900°C, (c) temperatur 950°C

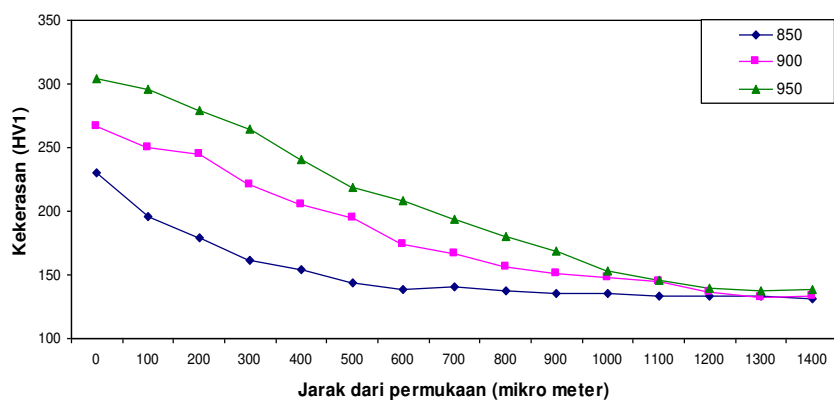
4.2. Pembahasan Hasil Uji Kekerasan.

Hasil pengujian kekerasan lapisan karburasi spesimen uji dengan penambahan barium karbonat sebesar 25% berat media karburasi pada variasi temperatur 850°C, 900°C dan 950°C selama 2 jam dengan perlakuan tanpa pengerasan dapat dilihat pada

Gambar 6. Hasil pengujian kekerasan lapisan karburasi melalui proses pengerasan pada temperatur austenisasi 840°C kemudian di quenching dengan media air dapat dilihat pada Gambar 7.

Tabel 1. Distribusi nilai kekerasan spesimen yang mendapatkan proses pengarbonan

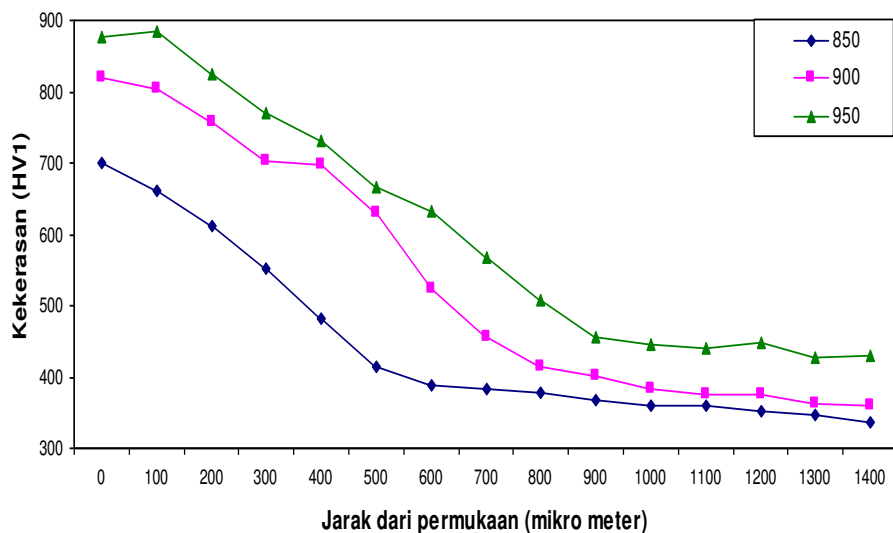
Jarak dari permukaan (μm)	Temperatur 850°C		Temperatur 900°C		Temperatur 950°C	
	d rata-rata	HV (kg/mm ²)	d rata-rata	HV (kg/mm ²)	d rata-rata	HV (kg/mm ²)
0	89.75	230.17	83.40	266.55	78.10	303.95
100	97.30	195.83	86.20	249.51	79.10	296.32
200	101.60	179.61	87.05	244.67	81.55	278.78
300	107.05	161.78	91.55	221.20	83.70	264.64
400	109.75	153.92	95.05	205.21	87.80	240.50
500	113.65	143.54	97.55	194.83	92.05	218.81
600	115.75	138.38	103.15	174.25	94.25	208.71
700	115.00	140.19	105.40	166.89	97.85	193.64
800	116.10	137.55	108.80	156.62	101.50	179.96
900	116.80	135.90	110.90	150.75	104.95	168.32
1000	117.20	134.98	112.15	147.40	110.00	153.22
1100	118.00	133.15	113.00	145.20	112.80	145.71
1200	118.10	132.93	116.75	136.02	115.45	139.10
1300	118.05	133.04	118.35	132.37	116.15	137.43
1400	118.75	131.47	117.85	133.49	115.65	138.62



Gambar 6. Kekerasan lapisan pada temperatur 850°C, 900°C dan 950°C melalui proses pengarbonan.

Tabel 2. Distribusi nilai kekerasan spesimen yang mendapatkan proses pengarbonan dan Quench.

Jarak dari permukaan (μm)	Temperatur 850°C		Temperatur 900°C		Temperatur 950°C	
	d rata-rata	HV (kg/mm ²)	d rata-rata	HV (kg/mm ²)	d rata-rata	HV (kg/mm ²)
0	51.5	699.03	47.55	819.99	46	876.18
100	53	660.02	48	804.69	45.8	883.85
200	55.1	610.67	49.5	756.66	47.45	823.45
300	57.9	553.03	51.35	703.12	49.05	770.6
400	62	482.31	51.55	697.67	50.35	731.33
500	66.8	415.49	54.25	629.96	52.75	666.29
600	69.1	388.29	59.45	524.57	54.15	632.28
700	69.55	383.28	63.8	455.48	57.1	568.64
800	70.1	377.29	66.9	414.25	60.5	506.52
900	71.15	366.24	68	400.95	63.75	456.19
1000	71.7	360.64	69.65	382.18	64.45	446.34
1100	71.9	358.63	70.4	374.08	64.85	440.85
1200	72.45	353.21	70.25	375.68	64.35	447.73
1300	73.25	345.54	71.65	361.14	65.95	426.27
1400	74.1	337.66	71.75	360.14	65.7	429.52



Gambar 7. Kekerasan lapisan pada temperatur 850°C, 900°C dan 950°C melalui proses pengarbonan dan proses quenching

Hasil pengujian kekerasan lapisan karburasi spesimen uji dengan variasi temperatur 850°C, 900°C dan 950°C dengan penambahan barium karbonat sebesar 25% berat media karburasi selama 2 jam dengan perlakuan tanpa pengerasan, memberikan nilai kekerasan tertinggi berturut-turut 230.17 kg/mm², 266.55 kg/mm² dan 303.95 kg/mm². Nilai kekerasan pada proses pengarbonan dengan penambahan barium karbonat sebesar 25% berat media karburasi, pada temperatur 850°C, 900°C dan 950°C dibandingkan dengan kekerasan *raw material* (125 kg/mm²) memberikan peningkatan sebesar 184%, 213% dan 243 %.

Hasil pengujian kekerasan lapisan karburasi spesimen uji dengan variasi temperatur 850°C, 900°C dan 950°C dengan penambahan barium karbonat sebesar 25% berat media karburasi selama 2 jam kemudian dilanjutkan dengan proses pengerasan pada temperatur austenisasi 840°C kemudian di quenching pada media air, memberikan nilai kekerasan tertinggi berturut-turut 699.03 kg/mm², 819.99 kg/mm² dan 883.85 kg/mm². dibandingkan dengan kekerasan *raw material* (125 kg/mm²) memberikan peningkatan sebesar 559%, 655% dan 707%. Sedangkan peningkatan nilai kekerasan antara spesimen yang mendapatkan perlakuan pengarbonan dengan spesimen yang mendapatkan proses pengarbonan kemudian dilanjutkan dengan proses pengerasan pada temperatur austenisasi 840°C kemudian di quenching pada media air, memberikan peningkatan nilai kekerasan berturut-turut, untuk temperatur 850°C sebesar 303%, untuk temperatur 900°C sebesar 307% sedangkan pada temperatur 950°C sebesar 290%.

Hasil penelitian menunjukkan penambahan barium karbonat sebesar 250% berat media karburasi dengan variasi temperatur 950°C memberikan kekerasan permukaan yang tertinggi. Jika dibandingkan dengan

penelitian (Syamsuir, 2002) yang menggunakan barium karbonat sebesar 10% berat media karburasi arang kayu pada temperatur karburasi 925°C dilanjutkan dengan proses pengerasan menghasilkan kekerasan permukaan sebesar 475 kg/mm², pada penelitian ini penambahan barium karbonat sebesar 250% berat media karburasi dengan temperatur karburasi 950°C menghasilkan kekerasan permukaan sebesar 883.85 kg/mm². Dengan perbandingan kekerasan permukaan ini, optimalisasi temperatur pengarbonan adalah 950°C.

Peningkatan kekerasan lapisan karburasi terjadi akibat penambahan karbon pada bagian permukaan baja dan perubahan struktur dari austenit menjadi martensit pada proses karburasi yang dilanjutkan dengan proses pengerasan kemudian di quenching pada media air. Martensit merupakan struktur yang paling keras dengan nilai kekerasan berkisar antara 500-1000 kg/mm² tergantung dari kandungan karbon (Haneycombe, 1995), pada proses transformasi austenit menjadi martensit ada sejumlah austenit yang tidak bertransformasi membentuk martensit yang disebut austenit sisa (*retained austenit*), sifat atau ciri khas dari martensit adalah metastabil atau kurang stabil serta rapuh (*brittle*) sehingga perlu dilakukan proses temper untuk mendapatkan struktur martensit temper yang lebih stabil yang terdiri dari struktur ferit dan karbida.

5. Kesimpulan

- 1) Peningkatan temperatur karburasi memberikan peningkatan terhadap kekerasan permukaan. Pada penelitian ini temperatur karburasi 950°C menghasilkan nilai kekerasan permukaan tertinggi sebesar 883 kg/mm²
- 2) Peningkatan temperatur karburasi memperlihatkan atom karbon semakin banyak yang terperangkap pada bagian permukaan spesimen seiring dengan semakin besarnya ketebalan lapisan karburasi.

3) Peningkatan temperatur pada proses pengarbonan, kemudian dilanjutkan dengan proses *quenching*. Atom karbon yang terperangkap pada bagian permukaan spesimen mengakibatkan terbentuknya martensit dan terdapat austenit sisa sehingga lapisan menjadi keras.

6. Daftar Pustaka

- Amstead, B.H., Ostwald, P.F. dan Begeman, M.L. 1992. *Teknologi Mekanik* (Alih bahasa : Sriati Djaprie), Erlangga, Edisi Ketiga, Jilid 2. Jakarta.
- ASTM. 2000. *Standard Test Method for Vickers Hardness of Metallic Materials*. West Conshohocken, United States : PA 19428-2959.
- Faraq, M. 1997. *Material Selection for Engineering Design*, Prentice Hall
- Honeycombe, R.W.K., Bhadesia, H.K.D.H., 1995, *Steel, Microstructure and Properties*, Second Edition, Edward Arnold, London.Europe.
- Lathkin, Y. 1965 *Engineering Physical Metallurgy*, Foreign Language Publishing House, Moscow
- Malau, V. 1999. Pengetahuan Bahan Teknik dan Manufactur.Universitas Sanata Dharma, Diktat Bahan Kuliah S₁, p; 17. Yogyakarta
- Malau, V. 2003. *Perlakuan Permukaan*. Diktat Bahan Kuliah S₂, p; 2.UGM, Yogyakarta.
- Prabudev, K.H. 1988. *Hand Book of Heat Treatment of Steel*. McGraw – Hill Publishing Company Limited. New Delhi.
- Selcuk, B., Ipek, R. dan Karamis M.B. 2002. *A Study on Friction and Behaviour of Carburized, Carbonitrided and Borided AISI 1020 and 5115 Steel*. Journal of Materials Processing Technology 141 (2003) 189-196).
- Silva, V.F., Canale, L.F., Spinel, D., Filho, W.W.B., Crnkovic, O.R., 1999, *Influence of retained austenite on short fatigue crack growth and wear resistance of case carburized steel*, Journal of materials engineering and performance 8:543-548.
- Sudarsono. 2003. Pengaruh Temperatur dan Waktu Tahan Karburasi Padat Terhadap Kekerasan Permukaan Baja AISI – SAE 1522. Institut Sains & Teknologi AKPRIND: Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains dan Teknologi.
- Syamsuir, 2003, *Pengaruh Karburasi Terhadap kekerasan baja DINI5CrNi6 (MS.7210)*, Thesis, UGM, Yogyakarta.
- Tyagi,R., Nath, S.K., and Ray,S., 2001, *Dry Sliding Friction and wear in plain carbon dual phase steel*, Material Transaction. Vol 32A. 359-367.