

Pengaruh Variasi *Holding Time* pada Proses *Pack Carburizing* dengan Arang Tempurung Kelapa *Barium Carbonat* Terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Baja ST 42

Mastur¹, Warso², Unggul Satria Jati³

^{1,2}Program Studi Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknik Widorotomo

³Program Studi Teknik Mesin, Politeknik Negeri Cilacap

email : [1masturpwt@gmail.com](mailto:masturpwt@gmail.com), [2warso@gmail.com](mailto:warso@gmail.com), [3unggulsatriajati@pnc.ac.id](mailto:unggulsatriajati@pnc.ac.id)

ABSTRAK

Komponen mesin produksi berbahan dasar logam besi dipilih untuk menunjang produktifitas. Baja adalah material logam yang mudah dijumpai di pasaran, namun belum memenuhi keinginan konsumen di pasaran. Baja ini dapat dikeraskan dengan perlakuan panas (*heat treatment*). Proses pengerasan permukaan (*surface treatment*) dilakukan untuk memperoleh kekerasan yang diinginkan, ini bisa dilakukan dengan meningkatkan unsur *carbon* (C) pada material baja tersebut kandungan karbon di dalam struktur baja standart adalah 0,3% - 0,59% kandungan karbon tersebut akan berpengaruh terhadap sifat kekerasan, salah satu cara meningkatkan unsur *carbon* (C) dalam baja dan meningkatkan sifat kekerasan pada permukaanya yaitu dengan cara karburasi. Penelitian ini akan meneliti tingkat kekerasan dari bahan baja karbon rendah dengan menggunakan proses *pack carburizing* dengan waktu yang berbeda yaitu 2; 2,5 dan 3 jam dan proses pendinginan (*quenching*) dengan media air murni. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh *holding time* pada proses *pack carburizing* dengan arang tempurung kelapa – *barium carbonat* terhadap nilai kekerasan baja ST 42. Disamping itu untuk mengetahui pengaruh *holding time* pada proses *pack carburizing* dengan arang tempurung kelapa terhadap struktur mikro. Hasil dari penelitian proses *pack carburizing* terdapat perbedaan nilai kekerasan permukaan dan struktur mikro sebelum dan sesudah proses carburizing. Dimana nilai kekerasan paling tinggi terjadi pada *holding time* 3 jam dengan nilai kekerasan sebesar 872.9 HVN atau mengalami kenaikan sebesar 382% dari *raw material* dan didukung dengan dominasi fasa martensit yang lebih banyak serta lebih merata. Dibandingkan pada raw material baja ST 42 sebelum dilakukannya proses *pack carburizing*, yang mana nilai kekerasannya sebesar 174.8 HVN. Dominan struktur mikro terdiri dari fasa ferlit dan sedikit dominasi perlit.

Kata kunci: *Pack Carburizing, Barium Carbonat, ST 42.*

ABSTRACT

Iron-based production machine components are chosen to support productivity. Steel is a metal material that is easily found on the market, but it has not fulfilled the desires of consumers in the market. This steel can be hardened by heat treatment (heat treatment). The surface treatment process is carried out to obtain the desired hardness, this can be done by increasing the carbon (C) element in the steel material, the carbon content in the standard steel structure is 0.3% - 0.59% the carbon content will have an effect. on hardness, one way to increase the element carbon (C) in steel and increase the hardness on its surface is by carburizing. This research will examine the hardness level of low carbon steel by using a pack carburizing process with different times of 2; 2.5 and 3 hours and the quenching process with pure water media.. The purpose of this study was to determine the effect of holding time on the pack carburizing process with coconut shell charcoal - barium carbonat on the hardness value of ST 42 steel. Besides that for effect of holding time on the pack carburizing process with coconut shell charcoal on the microstructure. There are differences in the surface hardness and microstructure values before and after the

carburizing process. Where the highest hardness value occurs at a holding time of 3 hours with a hardness value of 872.9 HVN or an increase of 382% of the raw material and is supported by the dominance of the martensite phase which is more and more evenly distributed. Compared to the ST 42 steel raw material before the pack carburizing process was carried out, the hardness value was 174.8 HVN. A dominant microstructure consisting of a ferrite phase and a little bit of pearlite dominance.

Keywords: Pack Carburizing, Barium Carbonat, ST 42

1. Pendahuluan

Saat ini banyak komponen mesin yang menggunakan bahan dari baja. Komponen dari mesin produksi berbahan dasar logam besi dipilih karena untuk menunjang produktifitas. Baja [1] adalah material umum yang sering digunakan dipasaran dan mudah dalam mendapatkannya namun belum sepenuhnya memenuhi keinginan dari konsumen. Perkembangan teknologi di dunia industri yang semakin cepat dan modern mendorong untuk meningkatkan kualitas dan kuantitasnya. dari setiap komponen mesin.

Material baja dapat dilakukan proses *treatment* seperti menggunakan perlakuan panas, pengerasan permukaan (*surface treatment*) dilakukan untuk meningkatkan kekerasan pada permukaan dengan menambah unsur carbon (C) [2] dengan cara karburasi. Proses pengkarbonan (*carburizing*) adalah merupakan prorses chemical heat treatmen yang di lakukan dengan cara memanaskan spesimen pada suhu austenite ke dalam ruangan yang mengandung butiran serbuk karbon.

1.1 Baja Karbon

Material baja karbon termasuk dalam jenis baja paduan dimana didalamnya terdapat unsur karbon dan besi. Unsur karbon merupakan utama dalam paduannya sedangkan unsur besi adalah unsur dasar. Dalam perkembangannya pembuatan baja karbon juga ditambahkan dengan unsur lain untuk mendapatkan hasil yang diinginkan seperti fosfor (P), mangan (Mn), sulfur (S), silicon (Si). Berikut macam-macam dalam baja karbon adalah [3]:

a. Baja Karbon Rendah (*Low Carbon Steel*)

Baja karbon rendah adalah baja dengan nilainya kandungan karbon < 0,3% C. sifat dari baja tersebut ialah tangguh dan ulet, namun mempunyai sisi lain yaitu kekerasan dan ketahanannya ausnya rendah.

b. Baja Karbon Sedang (*Medium Carbon Steel*)

Baja karbon sedang adalah baja dengan nilai kandungan karbonnya antara 0,3% - 0,59% C. sifat mekanis dari baja karbon sedang lebih kuat dengan tingkat kekerasan yang lebih tinggi. Dengan kandungan karbon yang cukup banyak sangat memungkinkan material tersebut bisa dilakukan proses *heat treatment*.

c. Baja Karbon Tinggi (*High Carbon Steel*)

Baja karbon tinggi adalah baja dengan nilai karbon antara 0,6 – 1,4 %. Dengan nilai carbon yang tinggi, material ini lebih sulit untuk dilakukan proses (*treatment*) pengerasan material dikarenakan material ini memiliki kekuatan tarik, sifat tahan panas dan kekerasan yang tinggi. Namun disisi lain mempunyai sifat keuletan yang rendah sehingga material mudah patah.

1.2 Steel 42 (ST 42)

Material Baja *Steel* (ST 42) [4] tergolong dalam material baja karbon rendah. Dengan nilai karbon < 0,3%. Dibandingkan dengan besi cor, material tersebut nilai kekerasannya masih rendah. Aplikasi baja ST 42 sering digunakan untuk pembuatan paku, *wire mesh*, kawat. Penggunaan yang lain pada pengelasan yaitu kawat elektroda [5].

1.3 Struktur Mikro

Dalam struktur mikro diagram fasa Fe-C terjadi beberapa perubahan fasa seperti [6]:

a. Ferrite atau Besi Alpha (α -Fe)

Ferit atau Besi Alpha (α -Fe) dalam larutan besi murni termasuk dalam jenis larutan pada padat karbon. Fasa ferrite memiliki unsur atom BBC terbentuknya yaitu pada suhu $300^0 - 727^0\text{C}$ sehingga mempunyai sifat ulet dan lunak.

b. Austenit atau Besi Gamma (γ -Fe)

Fasa *austenite* memiliki struktur atom FCC, dimana terbentuknya pada suhu $912 - 1394^0\text{C}$. termasuk dalam jenis larutan padat interisi antara karbon dan besi.

c. Besi Karbida

Sementit atau besi karbida memiliki unsur atom Kristal BCT terbentuk dibawah suhu 1400^0C , komposisi ini memiliki Fe₃C dikarenakan terbentuknya melebihi batas larutan.

d. Perlit

Gabungan *ferit* dan sementit maka terbentuklah perlit. Kandungan karbonnya 0,76% C mengakibatkan struktur ini memiliki kandungan sifat ulet, keras dan kuat

e. Martensit

Martensit terbentuk diakibatkan karena suatu proses pendinginan yang sangat cepat, fasa ini mempunyai struktur Kristal BCT. Sifat fisis dari martensit adalah keras dan kuat, namun bersifat getas dan rapuh.

1.4 Perlakuan Panas (*Heat Treatment*)

Perlakuan panas atau *heat treatment* adalah salah satu jenis perlakuan panas dengan jalan memanaskan specimen pada elektrik *terance* (tungku). Proses tersebut sampai mencapai suhu rekristalisasi selama periode waktu tertentu [7]. Kemudian dilakukan pendinginan. Untuk media pendinginan dapat menggunakan media pendinginan udara, oli, air garam, solar, dan air.

1.5 Karburasi (*carburizing*)

Carburizing [8] adalah suatu proses perlakuan pada permukaan dengan cara penambahan unsur karbon. suhu yang dicapai berkisar 900 – 950°C. setelah itu ditahan sampai jangka waktu tertentu sehingga mendapatkan kekuatan atau kekerasan material pada permukaan.

1.6 Uji Kekerasan Metode Vickers (HV/VHN)

Pengujian kekerasan [9] dengan metode *Vickers* merupakan pengujian kekerasan dengan beban yang *relative* kecil. Pengujian untuk mengetahui bentuk daya tahan suatu material yang ditekan oleh bola atau intan. Sudut puncak pada indentor yaitu 136° yang ditekan ke material uji. Uji kekerasan yang digunakan dari 1 – 120 Kg. Besarnya nilai kekerasan *Vickers* disebut dengan nilai kekerasan HV.

$$HV = \frac{F}{A} \times \sin \frac{136}{2} \quad (1)$$

$$HV = \frac{F \cdot \sin \frac{136}{2}}{\frac{d}{2}} \quad (2)$$

$$HV = 1,854 \frac{F}{d} \quad (3)$$

Keterangan:

HV = angka kekerasan *Vickers* (HV)

F = beban (kg)

d = panjang diagonal rata-rata (mm)

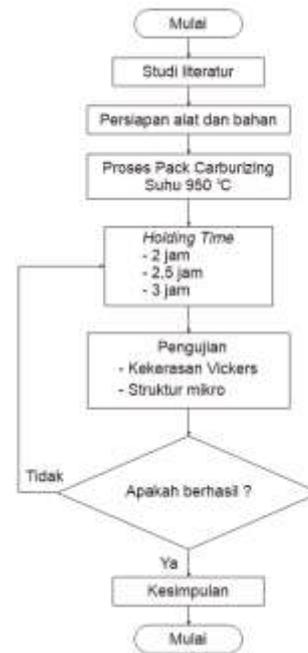
1.7 Pengujian Mikrografi

Uji mikrografi [10] adalah suatu uji untuk mendapatkan nilai fisis dan karakteristik dari material. Uji ini bertujuan untuk mengetahui struktur mikro yang terdapat pada material uji. Hasil dari uji struktur mikro adalah memperkuat hasil atau analisa dari uji sebelumnya yaitu (kekerasan)

2. Metodologi Penelitian

Metode penelitian yang dipergunakan adalah analisa data yang dilakukan dengan metode deskriptif yaitu mendeskripsikan atau menggambarkan secara sistematis,

faktual dan akurat mengenai realita yang diperoleh selama pengujian.. Adapun langkah penelitiannya sebagai berikut



Gambar 1. Diagram Alir Pengujian

2.1 Desain Penelitian

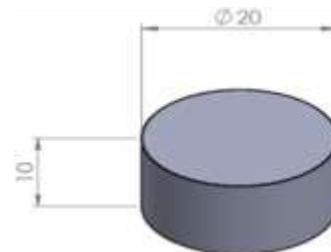
Desain penelitian yang dipergunakan adalah eksperimental. Khusus dalam penelitian ini menggunakan variasi *holding time* dan media pendingin pada proses *pack carburizing* baja ST 42 sebagai objek penelitian dengan menekankan pada subjek pengukuran uji kekerasan dan uji struktur mikro pada permukaan.

2.2 Prosedur Pengujian

Berikut prosedur pengujian pada penelitian ini adalah:

a. Pembuatan Spesimen

Pembuatan spesimen disesuaikan dengan standar pada pengujian kekerasan micro *hardness vickers* yaitu standart ASTM E 384. Ukuran bendanya berbentuk silinder pejal dengan diameter 20 mm dan tinggi 10 mm dengan menggunakan mesin bubut jenis konvensional.



Gambar 2. Spesimen uji

b. Pembuatan Kotak Sementasi

Kotak sementasi adalah suatu media untuk mengunci unsur karbon sehingga material yang akan di carburizing dapat menyerap karbon secara maksimal.

c. Pembuatan Media Carburizing (Carburizing Coumpound)

Karbon aktif diperoleh dengan ukuran keping yang tidak beraturan kemudian dibentuk dan diseragamkan menjadi menjadi bubuk. Untuk menjadikan kepingan arang menjadi bubuk dengan cara ditumbuk kemudian di ayak atau disaring.

d. Bahan katalis

Katalis yang dipakai dari barium karbonat ($BaCO_3$) [10]. Katalis dicampurkan dengan arang tempurung kelapa [11] Katalis yang telah tersedia kemudian di ayak menggunakan *screen stainless mesh* 100 untuk memastikan ukuran yang sama dengan ukuran butiran arang.

3. Hasil Penelitian Dan Pembahasan

3.1 Pengujian Holding Time

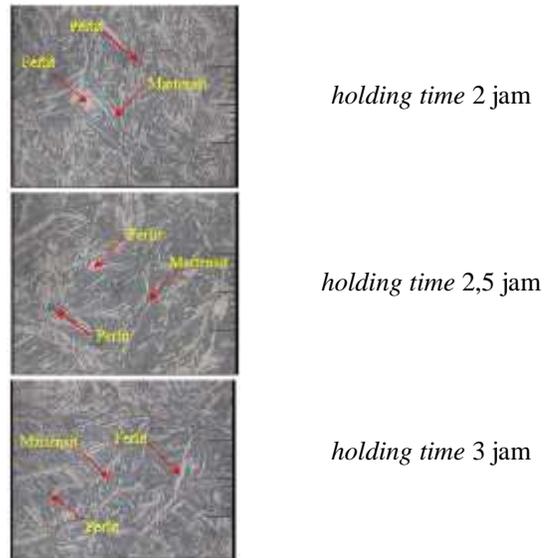
Pada pengujian *holding time*, data-data yang diperoleh sebagai berikut ini:

Tabel 1. Hasil Pengujian *Holding Time* 2 Jam, 2,5 Jam, 3 Jam.

Holding time	Specimen	Diagonal		Kekerasan (HV)	Kekerasan rata-rata (HVN)	
		d_1	d_2			
2 jam	1	0.35	0.35	605.4	636.5	
		0.33	0.33	681.0		
		0.35	0.34	623.1		
	2	0.35	0.34	623.1		617.2
		0.34	0.35	623.1		
		0.37	0.34	605.4		
3	0.31	0.33	724.2	629.7		
	0.35	0.34	623.1			
	0.37	0.37	541.7			
2,5 jam	1	0.33	0.34		660.8	624.1
		0.34	0.37		588.5	
		0.34	0.35		623.1	
	2	0.35	0.33	641.5	683.2	
		0.33	0.3	747.4		
		0.35	0.32	660.8		
3	0.3	0.3	824.0	744.1		
	0.3	0.33	747.4			
	0.34	0.33	660.8			
3 jam	1	0.28	0.3		881.8	872.9
		0.3	0.27		913.0	
		0.3	0.3		824.0	
	2	0.31	0.29	824.0	760.5	
		0.33	0.37	605.4		
		0.29	0.3	852.2		
3	0.3	0.31	797.2	772.1		
	0.32	0.31	747.4			
		0.32	0.3	771.7		

3.2 Pengujian Struktur Mikro

Gambar hasil pengujian pada Struktur Mikro, dapat dilihat dibawah ini:



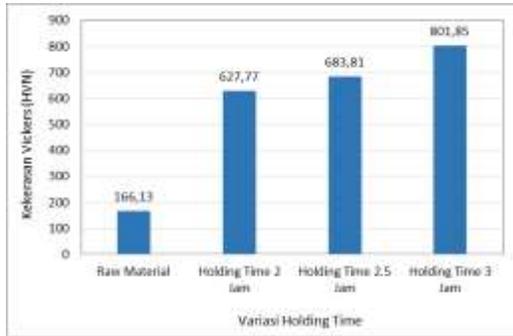
Gambar 4. Struktur Mikro

Berdasarkan hasil pengujian struktu mikro dengan pembesaran 200x dilakukan untuk melihat perubahan yang terjadi pada struktur mikro sebelum dan sesudah dilakukan proses *pack carburizing*. Struktur mikro yang terdapat pada baja ST 42 menunjukkan bahwa *raw material* termasuk dalam kelompok baja karbon rendah. Hal ini karena struktur mikro yang terkandung didalamnya didominasi oleh struktur ferlit, dimana ferlit memiliki sifat mekanik lunak dengan struktur berwarna putih. Struktur perlit yang hanya memiliki sifat mekanik keras, ditandai dengan struktur berwarna hitam dan berbentuk bulat.

Pada spesimen baja ST 42 yang telah dilakukan proses *pack carburizing* dan quenching dengan media air struktur mikro yang awalnya terdiri dari ferlit dan perlit kemudian berubah menjadi struktur martensit pada ke semua spesimen. Proses *pack carburizing* dengan proses penahanan waktu berbeda memberikan pengaruh terhadap struktur mikro yang dihasilkan, dimana kandungan fasa martensit yang terbentuk semakin mendominasi pada permukaan baja seiring dengan bertambahnya waktu proses *pack carburizing*. Hal tersebut dapat terjadi dikarenakan semakin lamanya proses *pack carburizing* maka akan semakin banyak pula karbon dari media padat carburizing yang terdifusikan pada permukaan baja.

3.3 Pengujian Kekerasan

Hasil penelitian tersebut, kemudian dianalisa dan dibuat bentuk grafik. Selanjutnya, bentuk grafik dari masing-masing hasil pengujian adalah sebagai berikut :



Gambar 5. Grafik Kenaikan Nilai Kekerasan

Berdasarkan grafik tersebut diatas, terdapat kenaikan nilai kekerasan pada proses *pack carburizing* dengan *holding time* 2 jam sebesar 627.7 HVN atau mengalami kenaikan 277% dari *raw material*. Proses *holding time* 2,5 jam mengalami kenaikan nilai kekerasan sebesar 683.81 HVN atau mengalami kenaikan 311% dari *raw material*. Kenaikan yang paling signifikan terjadi pada *holding time* 3 jam, yaitu sebesar 801.85 HVN atau mengalami kenaikan 382% dari *raw material*. Dari grafik di atas dapat disimpulkan bahwa nilai kekerasan akan meningkat seiring dengan lamanya *holding time* pada proses *pack carburizing*.

4. Kesimpulan dan Saran

Dari data hasil penelitian dan pembahasan tersebut diatas, maka dapat disimpulkan pada proses *pack carburizing* menggunakan variasi *holding time* memberikan pengaruh nilai kekerasan permukaan pada baja steel ST 42. Proses *pack carburizing* dengan *holding time* 3 jam menambah nilai kekerasan tertinggi yaitu 872.9 HVN, sedang terendah pada *holding time* 2 jam sebesar 627.77 HVN.

Pack carburizing dengan variasi *holding time* juga memberikan pengaruh terhadap struktur mikro. Kandungan fasa martensit yang paling dominan pada *holding time* 3 jam dan terendah terdapat pada variasi *holding time* 2 jam.

Daftar Pustaka

[1] Asm handbook, *Properties and Selection; iron Steel and Hidup performance alloys. Metals handbook vol 1*. 1993.

- [2] E. Gunawan, “Analisa Pengaruh Temperatur Terhadap Sifat Mekanis Dan Struktur Mikro Pada Baja Karbon Rendah (St41) Dengan Metode Pack Carburizing,” *Tek. Eng. Sains J.*, vol. 1, no. 2, p. 117, 2017, doi: 10.51804/tesj.v1i2.133.117-124.
- [3] Lawrence H. Van Vlack, *Elemen-Elemen Ilmu dan Rekayasa Material*. Jakarta: Erlangga, 2004.
- [4] R. E. Smallman and R. J. Bishop, *modern physical metallurgy and materials engineering*. New York: Hill International Book Company, 2000.
- [5] M. Sutarno, Warso, “Pengaruh Perbedaan Kampuh Pada Las Tungsten Inert Gas Terhadap Sifat Mekanis Kuningan (Cu Zn),” *J. Iteks, intuisi Tek. dan Seni*, vol. 14, no. 1, 2022.
- [6] Nasmi Herlina Sari, *Material Teknik*. Yogyakarta: Deepublish, 2018.
- [7] A. M. Adi Shaifudin, Hermin Istiasih, “Optimalisasi difusi karbon dengan metode pack carburizing pada baja ST 42,” *J. Mesin Nusantara*, vol. 1, no. 1, pp. 27–34, 2018, doi: 10.29407/jmn.v1i1.12293.
- [8] T. S. Mastur, Sutarno, “Pengaruh Penambahan Karbon Pada Pembuatan Kampas Rem Komposit Serbuk Kayu,” *J. Iteks, intuisi Tek. dan Seni*, vol. 12, no. 1, 2020.
- [9] A. F. Abidah, “Analisa SS400 Hasil Carburizing Media Arang Tempurung Kelapa-BaCO₃ Dengan Variasi Temperatur Pemanasan Dan Holding Time Ditinjau Dari Pengujian Kekerasan Dan Struktur Mikro,” *JTM*, vol. 7, no. 2, pp. 1–8, 2019.
- [10] R. Afriany, A. Asmadi, and S. Z. Nuryanti, “ANALISA PENGARUH VARIASI KATALIS BaCO₃, NaCO₃ dan CaCO₃ PADA PROSES KARBURASI BAJA KARBON SEDANG DENGAN PENDINGINAN TUNGGAL,” *Tek. J. Tek.*, vol. 4, no. 1, p. 38, 2017, doi: 10.35449/teknika.v4i1.57.
- [11] Hafni, “Pengaruh Waktu Tahan Proses Pack Carburizing pada Baja Karbon Rendah dengan Menggunakan Calcium Carbonat dan Arang Tempurung Kelapa, Di Tinjau dari Kekerasan,” *J. Tek. Mesin*, vol. 5, no. 2, pp. 108–112, 2015.